

VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA DOPRAVNÍHO STAVITELSTVÍ

Modernizace a opravy pražcového podloží
Rail Basement Modernization and Repairs

Student:

Martin Varecha

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Eva Ožanová

Ostrava 2010

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb.- autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě.....

.....

ANOTACE

Obsahem této bakalářské práce je zpracování a vyhodnocení dvou metod technologických postupů oprav a modernizací pražcového podloží železničních tratí. První je klasická metoda se snášením kolejového roštu, druhá je bez snášení kolejového roštu. Porovnání a vyhodnocení je provedeno nejdříve obecně a pak na konkrétním úseku (výhybna Košatka – žst. Jistebník) s výsledným doporučením, který byl již zrealizován z hlediska technického, ekonomického a potřeby délky výlukových časů. Na závěr byl doplněn samostatný projekt pravděpodobnostního posouzení modulu přetvárnosti na pláni železničního spodku obecně a následně na konkrétním úseku (výhybna Košatka – žst. Jistebník) kolej č. 2.

ANNOTATION

This bachelor's thesis processes and evaluates two methods of technological procedures used to repair and update the underlying sleepers of railway lines. The first method is a classical one with track grate laying, the second is without track grate laying. A comparison and evaluation is presented as general at first, and then as specific based on a particular railway track section (Košatka railway switch– Jistebník railway station). The resulting recommendation was carried out taking into account the technical and economic aspects as well as the required length of interruption periods for traffic. The conclusion contains a separate project, namely the probability assessment of a module for reshaping the underlying railway line in general and, subsequently, specifically with respect to the particular railway track section (Košatka railway switch – Jistebník railway station) track No. 2.

Obsah

Klíčová slova a použité zkratky dle ČD S4	1
1 Úvod	3
2 Vymezení pojmů	4
3 Možnosti použití metody se snášením kolejového roštu vzhledem k proveditelnosti	5
4 Popsání metody sanace se snášením kolejového roštu	5
4.1 Přípravné práce	5
4.2 Nultá etapa výstavby	7
4.3 Hlavní etapa výstavby	9
4.4 Popis vybrané mechanizace určené pro sanaci pražcového podloží se snášením kolejového roštu	12
5 Metody sanace koleje bez snášení kolejového roštu	13
5.1 Přípravné práce	13
5.2 Nultá etapa výstavby	14
5.3 Hlavní etapa výstavby	15
5.4 Popis vybrané mechanizace určené pro sanaci pražcového podloží bez snášení kolejového roštu	17
6 Porovnání metody se snášením a bez snášení kolejového roštu – výhody, nevýhody a další rozdíly	22
6.1 Porovnání z hlediska technického	22
6.2 Porovnání z hlediska ekonomického	25
6.3 Porovnání z hlediska náročnosti na požadovaný čas výluky provozu	25
7 Popis konkrétního úseku trati	26
7.1 ČD DDC modernizace úseku tratě Studénka-Ostrava	26
7.2 Popis přístupových cest k trati a skládkové plochy	30
7.3 Tabulkové porovnání jednotlivých druhů sanací železničního spodku tratě Výhybna Košatka-žst. Jistebník	30
8 Pravděpodobnostní posouzení modulu přetvárnosti na pláni železničního spodku	34
9 Závěr	49
10 Použita literatura	50

11 Použité obrázky, tabulky a histogramy51
12 Přílohy – ČD DDC, Modernizace úseku tratě Studénka – Ostrava, situace 2	3.2
ČD DDC, Modernizace úseku tratě Studénka – Ostrava, situace 3	3.3
ČD DDC, Modernizace úseku tratě Studénka – Ostrava, situace 4	3.4
ČD DDC, Modernizace úseku tratě Studénka – Ostrava, situace 5	3.5
ČD DDC, Modernizace úseku tratě Studénka – Ostrava:	
vzorový příčný řez km 248,600 000	10.3
vzorový příčný řez km 250,400 000	10.4

Klíčová slova a použité zkratky dle ČD S4 [4]:

Deponie - materiál dočasně uložený ve tvaru násypu.

Geosyntetické materiály - výrobky ze syntetických materiálů určené zabudování do zemních a jim podobných konstrukcí

Geotechnický průzkum tělesa železničního spodku - souhrn prací pro:

- zjištění stavu a složení tělesa železničního spodku,
- stanovení fyzikálně-mechanických vlastností zemin a hornin v podloží,
- objasnění příčin poruch, deformací zemního tělesa a pražcového podloží,
- určení hydrogeologických poměrů.

Geotextilie - jsou plošné propustné výrobky ze syntetických materiálů, mohou být tkané, netkané či pletené. Geotextilie s vysokou pevností v tahu a nízkou tažností se využívá jako výztužná.

Kolejový rošt tvoří kolejnice, pražce a upevňovadla

Konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku jsou vrstvy materiálů mezi plání tělesa železničního spodku a zemní plání. Zlepšují vodní a teplotní režim železničního spodku a zvyšují únosnost tělesa železničního spodku. Slouží k přenášení účinků provozního zatížení a zatížení železničního svršku na zemní pláň.

Podkladní vrstva - konstrukční vrstva tělesa železničního spodku pod kolejovým ložem. Její hlavní funkce je roznášení účinků provozního zatížení a zatížení železničního svršku na zemní pláň, případně ochrana zemní pláně proti účinkům vody a mrazu.

Pražcové podloží je vícevrstvý systém, který tvoří vrstva kolejového lože pod pražcem, konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku a zemní těleso. Jeho úkolem je zabezpečovat předepsanou geometrickou polohu koleje a přenášet síly působící na kolejový rošt pohybem železničních vozidel do jeho podloží.

Stabilizace - způsob úpravy zemin nebo jiného zrnitého materiálu s použitím pojiva nebo chemického stabilizátoru, kterou stabilizované materiály získají požadovanou pevnost v tlaku a odolnost proti mrazu

Štěrkodrt' – směs přírodního drceného drobného a hrubého kameniva.

Těleso železničního spodku - zemní těleso, konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku a odvodňovací zařízení

Výztužená zemina - sypaná hutněná zemina, která je zpevněná výztuží, schopnou přenášet tahové síly. Výztuž (většinou z plastů) má podobu různých geosítí, geomřížek, pásků a výztužných geotextilií.

Zemní těleso - část železničního spodku, vybudovaná ze zemin (příp. náhradních materiálů - např. vysokopecní struska, výsivky) nebo skalních hornin určenou technologií do předem stanoveného tvaru, závislém na průběhu terénu, poloze nivelety, typu a vlastnostech jej tvořících materiálů.

Železniční spodek tvoří: těleso železničního spodku, stavby železničního spodku, dopravní plochy a komunikace, drobné stavby a zařízení železničního spodku.

Železniční svršek tvoří: kolejnice, upevňovadla, pražce a kolejové lože.

BOZP – bezpečnost a ochrana zdraví při práci

ČD – České dráhy

DDC – Divize dopravní cesty

DÚ – definiční úsek

GPK – geometrické parametry koleje

hl.n. – hlavní nádraží

KV – konstrukční vrstva

OZOV – odpovědný zástupce objednatele výluky

SDC – Správa dopravní cesty

TKP – Technické kvalitativní podmínky

TP – Technologický postup

TÚ - traťový úsek

Z-GC – základní průjezdní průřez

1 Úvod

Po rozdělení Československa a vzniku ČR byly u ČD v roce 1993 přijaty „Zásady modernizace vybrané železniční sítě ČD“ a v roce 1994 byl přijat dodatek č. 1 a v roce 1997 dodatek č.2. V těchto zásadách i obou dodatcích se požaduje základní navýšení traťové rychlosti až do 160 km/h. Modernizace sítě ČD zahrnuje čtyři hlavní železniční koridory (označovaných římskými číslicemi I.-IV.)

Podle [1] hlavní zásady modernizace koridorových tratí jsou:

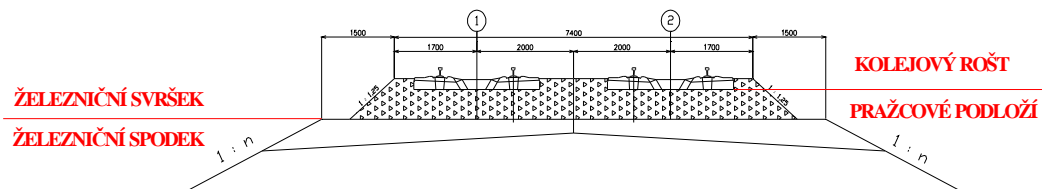
- *zavedení vyšší traťové rychlosti do 160 Km/h na dostatečně dlouhých úsecích tak, aby bylo možné zvýšenou rychlost využít efektivně*
- *zavedení přechodnosti pro traťovou třídu zatížení D4 UIC pro traťovou rychlost 120 Km/h, (třída zatížení D4 vyjadřuje nejvýše přípustnou hmotnost 22,5 t na nápravu a nejvýše přípustnou hmotnost 8 t/1 m délky železničního vozidla)*
- *zavedení prostorové průchodnosti pro ložnou míru UIC-GC, platí tedy základní průjezdný průřez Z-GC s vlivem širších vozidel*
- *zajištění požadované propustnosti tratě*
- *vybavení tratě technologickým zařízením, se zajištěním dokonalého zabezpečení provozu*
- *zřízení peronizace nebo poloperonizace ve vybraných stanicích*
- *délky nástupišť navrhovat pro mezinárodní expresy min. 400 m a pro vnitrostátní rychlíky min. 350 m, min. výška hrany stávajícího ostrovního nástupiště je 300 mm nad temenem kolejnice, pro nově zřizovaná ostrovní nástupiště se předpokládá výška 550 mm nad temenem kolejnice*
- *kolejové spojky pro rychlost nad 50 k/h navrhovat ve vzdálenosti po 15 km /h podle místních podmínek*
- *rychlost v předjízdných kolejích v mezilehlých stanicích řešit dle místních poměrů tak, aby rychlost větší než 50 km byla využitelná nová křížení s pozemními komunikacemi řešit zásadně mimoúrovňově, stávající nad 120 km/h posuzovat podle místních poměrů*

Z výše uvedených zásad mimo jiné vyplývají nové požadavky na sanaci a modernizaci pražcového podloží. Železniční spodek je jednou ze základních částí konstrukce železniční tratě, který tvoří spolu s železničním svrškem jízdní dráhu.

V této bakalářské práci jsou popsány metody modernizace a oprav pražcového podloží metodou se snášením kolejového roštu a bez snášení, jejich výhody, nevýhody a následné doporučení konkrétní metody.

2 Vymezení pojmů

Při popisování a porovnávání jmenovaných metod je záměrně používáno dělení na železniční svršek a železniční spodek (dle obr. č.1). Toto dělení je nutné z důvodu investičního zadání investorem stavby více subjektům na jednotlivé stavební objekty. Z toho vyplývá, že železniční svršek může realizovat jeden dodavatel a železniční spodek úplně jiný dodavatel.



Obr. č. 1 Popis umístění železničního spodku a pražcového podloží v příčném řezu

Při popisu obou metod jsem vycházel ze zpracované projektové dokumentace a následně byly popsány níže uvedené metody. Při modernizacích a opravách pražcového podloží můžeme použít v zásadě dvě metody, které byly porovnány navzájem, jak již bylo zmíněno v úvodu a to:

- a) Metoda se snášením kolejového roštu
- b) Metoda bez snášení kolejového roštu

3 Možnosti použití metody se snášením a bez snášení kolejového roštu vzhledem k proveditelnosti

Při navrhování a rozhodování se, mezi jednou nebo druhou metodou, musíme brát v úvahu situaci vlastního umístění uvažované sanace nebo modernizace železničního spodku.

a) Metoda se snášením kolejového roštu:

Uplatňuje se v podstatě všude, protože se používá od prvopočátku výstavby železnice jako takové, tzn. na mezistaničním úseku, ve stanici, na mostech a propustcích, v tunelech atd.

b) Metoda bez snášení kolejového roštu:

Použití této metody se uplatňuje zejména na mezistaničním úseku, výjimečně může být použita ve stanici, kde však má omezující charakter.

4 Popsání metody sanace se snášením kolejového roštu

V této části popíšu metodu se snášením kolejového roštu do hotové projektované dokumentace a poskytnu Vám zjednodušený pohled stavbyvedoucího od začátku až do konce realizace výstavby.

4.1 Přípravné práce

Po obdržení a prostudování projektové dokumentace, musí proběhnout nejdříve fyzická prohlídka staveniště a to nejlépe opakovaně. Je nutno nejdříve se zaměřit na přístupové cesty, skládkové plochy, zařízení staveniště a zajištění ubytování neboť je žádoucí mít jak techniky, tak dělníky co možná nejbližší k vlastnímu staveništi. Po té následuje zpracování podrobného technologického postupu, kde bude jasně, přesně a srozumitelně popsána technologie procesu výstavby, bezpečnost, přístupové komunikace a prokazatelné proškolení všech zaměstnanců s TP a BOZP.

V přípravné fázi výstavby zpravidla nejsou požadovány výluky v kolejišti, výjimečně se může jednat o krátkodobé výluky např. v případě narušení průjezdného průřezu nebo přiblížení k trakčnímu vedení.

Před zahájením jakýchkoliv zemních prací je nutno provést vytýčení veškerých inženýrských sítí. V žádném případě tuto fázi přípravy nelze podceňovat,

doporučuje se požádat o vytýčení s patřičným předstihem před zahájením prací, protože i tak nevinná práce jako je odstranění starého pařezu může vést k neblahým finančně a technicky náročným opravám stávajících inženýrských sítí. Vytýčení inženýrských sítí je důležité také ke kontrole se shodou projektové dokumentace a koordinaci požadavku na jejich následném přeložení, provizorním nebo definitivním.

Do přípravných prací zahrnujeme dle TKP ČD mimo jiné [6]:

▪ **Odstranění travin, křovin a nevhodných materiálů**

Zhotovitel odstraní z plochy staveniště všechny traviny, křoviny a nevhodné materiály, které by ponecháním v prostoru prováděných prací znehodnocovaly provedenou stavbu. Mezi nevhodné materiály patří zejména odpadky, plasty, zbytky dřevěných materiálů, kovové materiály, vybourané hmoty, kontaminované materiály, zeminy a další materiály určené dokumentací nebo stavebním dozorem. Povinnost odstranit traviny, křoviny a nevhodné materiály předepisuje zhotoviteli dokumentace, případně stavební dozor. Stanovení objemu a určení skládek navrhuje zhotovitel a nechá si je odsouhlasit stavebním dozorem.

[viz TKP ČD 2000 kapitola 2:3]

Zvýšenou pozornost je nutno zaměřit na klimatická omezení.

▪ **Kácení stromů a odstranění pařezů**

Kácení stromů lze provádět pouze v době vegetačního klidu. Výjimky z tohoto omezení může povolit pouze orgán státní správy, který vydal povolení ke kácení. Zásypy po pařezích není vhodné provádět v deštivém a mrazivém počasí.

[viz TKP ČD 2000 kapitola 2:7]

Kácení stromů a pařezů může být zakomponováno do stavebního objektu modernizace trolejového vedení, protože požadavek železničního spodku uvádí odstranění křovin jen po určitou vzdálenost od osy koleje (dáno typem konstrukce železničního spodku). Zejména při modernizaci se může stát, že křoviny při větší vzdálenosti než je požadavek železničního spodku, vadí a zasahují do ochranného pásma trolejového vedení, zejména pak zesilovacího lana.

Jednou z nejdůležitějších procesů přípravných prací je provedení podrobného geodetického zaměření prostorové polohy stávající koleje, kontrola s

projektovou dokumentací a kontrola návrhu nové prostorové polohy koleje vůči všem pevným překážkám. Bohužel tento proces se musí opakovat po celou dobu výstavby, protože nové pevné překážky budou „nabíhat“ postupně. Je to velice náročný proces na koordinaci, nicméně dodavateli železničního spodku eventuálně svršku a investorovi může ušetřit nemalé prostředky vynaložené na pozdější nápravu. Jedná se zejména o kontrolu vytýčení prostorové polohy vůči trakčním stožárům, návěstidlům, římsám mostů a propustků, nástupištím, rampám atd.

V tomto případě, při metodě se snášením kolejového roštu, musí být zajištěny a připraveny odpovídající skládkové plochy pro snesený kolejový rošt (kolejová pole, ale i výhybky). Musí být zřejmé, jakým způsobem bude probíhat pokládka nového kolejového roštu. Buď předmontáží kolejových polí nebo přímou pokládkou v ose koleje za použití konkrétní mechanizace.

4.2 Nultá etapa výstavby

Tato etapa výstavby se nazývá nultá, protože je to první stav, který zpravidla vyžaduje krátkodobé výluky v kolejišti, a to jak kolejové tak i napětíové. Zde nastává realizace vytýčení a zřizování betonových základů pro trakční stožáry se současným umístěním provizorních zajišťovacích značek pro výškovou a směrovou polohu koleje dle předpisu ČD S3, část třetí, základy pro krakorce návěstidel. Pokud je to možné, s ohledem na klimatické podmínky a doby zrání betonu, se na betonové základy osazují trakční stožáry již v nulté etapě. Pochopitelně i zde může probíhat kácení a odstraňování křovin za předpokladu splnění náležitých předpisů. Ve stanici nebo taky na mezistaničním úseku musíme být připraveni na zrušení bezstykové koleje v sousední nevyhloučené koleji před zahájením hlavní výluky koleje. To se provádí po dohodě s příslušným obvodem SDC, rozřezáním koleje cca po 150 metrech (dle dohody a vždy v závislosti na místních podmínkách), sespojkováním a zřízením vodivého propojení dle předpisu ČD S3, část čtrnáctá, a také platí ustanovení TKP ČD [6]:

- **Odvodnění staveniště**

Zhotovitel je povinen při výstavbě vhodným technologickým způsobem zajistit průběžně odvodnění staveniště. Nesmí dojít ke znehodnocování rozestavěných objektů ani negativnímu ovlivnění jiných objektů a zařízení v blízkosti stavby. Zároveň musí být respektovány příslušné vodohospodářské a ekologické

předpisy a směrnice. V případě vzniku škod, v důsledku nedostatečného nebo nesprávného odvádění srážkových nebo povrchových vod, musí zhotovitel zjednat okamžitě nápravu na svůj náklad.

[viz TPK ČD 2000 kapitola 2:4]

▪ **Dočasné přejezdy, přechody, lávky, provizorní mosty, ochranné konstrukce**

Povolené způsoby a provádění zřizování přejezdů (přechodů) jsou uvedeny v kapitole 9 TKP. Způsoby a postup výstavby provizorních mostů, ochranných konstrukcí apod., musí být uvedeny v dokumentaci. Pokud se vyskytne potřeba dalších, výše uvedených zařízení, musí být žadatelem tato potřeba projednána s příslušnými útvary a odsouhlasena stavebním dozorem. Odstranění objektů uvedených v tomto článku se provádí buď rozebráním s tím, že mohou být využity na dalších stavbách, nebo likvidací s následným uložením na určených skládkách. Termíny odstranění navrhne s ohledem na postup výstavby a podmínky stavebního povolení zhotovitel a odsouhlasí stavební dozor.

[viz TPK ČD 2000 kapitola 2:4]

V nulté etapě se zřizují provizorní přístupové cesty pro cestující, personál zajišťujících provoz a pro zajištění samotné realizace výstavby, protože právě překlopením z nulté etapy do hlavní etapy je obvykle požadována jejich funkčnost. Taktéž je nutno provést všechny požadované přeložky inženýrských sítí před zahájením hlavní etapy. Je možné, že některé druhy přeložek nelze, s ohledem na zachování stávajícího a postupného kolejového provozu, zrealizovat v nulté etapě. V tomto případě se musí postupovat obzvlášť obezřetně a koordinovat činnost výstavby s jednotlivými správci sítí tak, aby nedošlo k jejich poruše a poškození. Jednou z důležitých a často podceňovaných součástí „nulté“ etapy je odebrání vzorků zemní pláň pro kontrolu a posouzení shody geotechnického průzkumu projektové dokumentace, a také pro upřesnění a následný návrh opatření pro zemní pláň. Odebrání vzorků v nulté etapě je výhodné zejména s ohledem na výluku kolejového provozu (můžeme odebrat kvalitní vzorky v ose koleje) a možnosti časového zpracování vzorků.

4.3 Hlavní etapa výstavby

V této části výstavby dochází k úplnému dlouhodobému vyloučení provozu a výluce koleje i napětí na konkrétním úseku železniční trati nebo stanice. V případě, že se jedná o stavbu „na zelené louce“, t.j. na úplně novém místě, výluka stávajícího provozu z pochopitelných důvodů odpadá.

Po zahájení výluky odpovědným zástupcem objednavatele výluky (dále jen OZOV), které musí splňovat patřičné legislativní předpisy pro uvažovanou stavbu, dochází nejdříve k zabezpečení výlukového místa. Následují práce na zabezpečení provizorního zabezpečovacího zařízení, likvidace a odvoz stávajících návěstidel včetně betonových patek. V případě modernizace trakčního vedení se provádí snesení stávajícího trakčního a zesilovacího vedení, likvidace stávajících trakčních stožárů a betonových patek s odvozem na předem určenou skládku. Následuje kompletní snesení kolejového roštu (kolejí i výhybek). Samotná realizace snesení kolejového roštu probíhá za promoci kolejových jeřábů (pro koleje např. UK 25, PKP, výhybky EDK, Desec atd.) Samotnou technologii snesení a pokládky kolejového roštu podrobně zde popisována nebude, protože je to samostatná součást železničního svršku a není předmětem této práce. V tomto případě to znamená, že veškeré práce na modernizovaném nebo sanovaném železničním svršku a spodku probíhají bez absence kolejového roštu (stávajícího i nového). Po snesení kolejového roštu se provádějí práce na odvodnění formou trativodů a otevřených příkopů, ale i na dalších stavebních objektech jako jsou mosty, propustky, nástupiště, rampy, reléové technologie atd. V této situaci nastává pozoruhodný moment: dodavatel železničního spodku je povinen zajistit funkční odvodnění, ale dodavatel železničního svršku, kterému mimo jiné náleží i stávající šterkové lože, jej chce odtěžit v maximální možné míře celé. To znamená problém pro všechny dodavatele, kteří se potřebují pohybovat právě po trase sneseného kolejového roštu. Musíme si uvědomit nastalou situaci. Pokud dojde zejména ve stanici k odtěžení celého šterkového lože je velmi pravděpodobné, že se v tom místě bude možno pohybovat obzvlášť problematicky nebo vůbec ne. Z toho jednoznačně vyplývá – lépe ponechat souvislou vrstvu stávajícího šterkového lože i za cenu menší výtěžnosti při recyklaci. Tloušťka této vrstvy záleží na místních podmínkách a ročním období (může se jednat o cca 100 mm, 150 mm, ale třeba i ponechání celého šterkového lože). Po zřízení odvodnění a kabelových podchodů následuje odtěžení zbývajících šterkového lože a zeminy s požadovaným příčným

sklonem a následným odvozem na předem určené skládky. Pro odtěžení se používají nejčastěji otočné kolové bagry (často se využívají i dvoucestné otočné bagry) s plochou lžící. Je to důležité, abychom nenarušili samotnou homogenitu zemní pláně. Odvoz je zajištěn nákladními automobily nebo po železnici ve vagónech např. Ua. Po odkrytí zemní pláně, následuje její zlepšení dle návrhu projektové dokumentace a provedení podrobného geotechnického průzkumu pro požadovaný modul přetvárnosti. Může se jednat o hutnění, zlepšení pomocí hydraulických pojiv, různých typů geomříží, geotextilií, výměnou zeminy nebo se mohou navrhnout dodatečně např. šterkové piloty. Zemní plán je nejdůležitější součást železničního spodku a proto si dovoluji citaci z TKP ČD [6]:

***Zemní plán** tvoří povrch zemního tělesa (v zářezu nebo násypu), na který se pokládají ochranné a konstrukční vrstvy. Zemní plán musí být provedena z materiálů předepsaných v dokumentaci. Změny musí být odsouhlaseny stavebním dozorem. Podélný a příčný sklon, výškové úrovně a tolerance musí odpovídat dokumentaci, předpisu ČD S 4 a TKP. V celé mocnosti aktivní zóny, tj. od povrchu zemní pláně do hl. 0,5 m musí být dodržen předepsaný stupeň zhutnění a na povrchu zemní pláně musí být dosaženo předepsaného modulu přetvárnosti podle předpisu ČD S 4. Povrch musí být rovný, hladký, bez prohlubní a v tolerancích uvedených v oddíle 3.6 této kapitoly TKP [6].*

Zemní plán, která nevyhovuje požadavkům podle předchozího odstavce, bude rozrušena a upravena tak, aby předepsané požadavky splnila. Veškeré náklady, spojené s úpravou nevyhovující zemní pláně, hradí zhotovitel.

Aby nedocházelo k pronikání jemné frakce ze zemní pláně do nadložní nepevněné konstrukční vrstvy, musí být splněno filtrační kritérium dle TNŽ 73 6949. Pokud toto kritérium není splněno, musí být na zemní pláni provedena taková úprava, která vzájemnému pronikání zrn zabrání (např. položení geotextilie).

Před povolením pokládky konstrukčních vrstev musí být zemní plán vyčištěna a práce na pokládce následných podkladních a konstrukčních vrstev nesmějí být zahájeny bez odsouhlasení pláně stavebním dozorcem podle čl. 3.8. při přejímce zemní pláně je zhotovitel povinen předat stavebnímu dozorcovi tabulku nivelace (ve vztahu k nové niveletě s hustotou dle požadavku stavebního dozoru).

Dokončená zemní plán musí být ze strany zhotovitele chráněna. Deponie stavebního materiálu jsou na pláni zakázány.

Přejezdy vozidel po dokončené zemní pláni musí být minimalizovány. Všechna poškozená místa na pláni musí být zhotovitelem opravena na jeho náklady a převzata stavebním dozorcem.

Pokud nedošlo před zimním obdobím k zakrytí pláně konstrukčními vrstvami, je nutno takovou pláň v další stavební sezóně přehutnit a opět zkontrolovat podle oddílu 3.8 této kapitoly TKP. Náklady na opakovanou kontrolu a z ní vyplývající případné dodatečné práce hradí zhotovitel.

[viz TPK ČD 2000 kapitola 3:9]

Obzvlášť velkou pozornost je nutno věnovat náběhovým klínům umělých staveb jako jsou mosty, propustky nebo podchody.

Po převzetí zemní pláně technickým dozorem investora dochází ke zřízení konstrukčních vrstev. Zpravidla jsou navrhovány a realizovány z materiálu drcených, nenamrzavých, zejména šterkodrt' nebo recyklovaný výzisk frakce 0-32 mm. Požadavky na materiály konstrukčních vrstev jsou stanoveny v předpisu ČD S4. Návoz konstrukční vrstvy se provádí nákladními automobily, přičemž nesmí být pojížděna zemní pláň nebo rozprostřena geotextilie pokud je projektem požadována. Z tohoto důvodu je doporučeno rozprostření konstrukční vrstvy pomocí vagónů U a z vedlejší koleje. Je to výhodnější i z důvodu ekonomicko-technického, protože se můžeme nový materiál naložit v kamenolomu přímo na vagóny a odpadne nám zřízení a udržování velké meziskládky. Rozprostření na hrubo se provádí pomocí bagrů nebo dozerů, na čisto pomocí graderu zpravidla ve vodorovném příčném sklonu. Hutnění se provádí po vrstvách pomocí vibračních válců. Důležitou a podceňovanou součástí konstrukční vrstvy je dodržení optimální vlhkosti, která je 5-8%. Obzvlášť velkou pozornost je nutno věnovat náběhovým klínům umělých staveb, kde se nám vlivem těchto staveb mění modul přetvárnosti. Po dosažení předepsané rovinatosti, hutnění, modulu přetvárnosti a převzetí konstrukční vrstvy technickým dozorem investora dochází k realizaci předšterkování. V případě se snesením kolejového roštu se provádí obdobně jako zřizování konstrukční vrstvy. Jedná se o předepsaný druh kameniva frakce 32-63 mm. O požadavcích na kolejové lože pojednává předpis ČD S3, část desátá. Na koridorových tratích s požadavkem tloušťky kolejového lože 350 mm pod ložnou plochou pražců se provádí zpravidla tloušťku 260-280 mm po zhutnění. Rozdíl nám zůstane pro výškovou úpravu koleje pomocí automatické strojní podbíječky. Po předšterkování následuje pokládka kolejového roštu (kolejí i výhybek).

Samotná pokládka se může provádět několika způsoby: montáží v ose koleje, pokládkou z předmontovaných kolejových polí (např. pomocí stroje UK 25, PKP, Desec) nebo kontinuálně (např. Doneli, Valditera). Následuje zašterkování koleje a výhybek, provedení směrové a výškové úpravy koleje, výměna kolejových pásů, svaření a zřízení bezстыkové koleje, opětovné provedení směrové a výškové úpravy koleje (v přípustných mezích dle předpisu ČD S3/2) a finální úprava šterkového lože. Ve stanicích se provádí zřizování drážních stezek.

Dále se provádějí práce dodavatelů trakčního vedení, osazení trakčních stožárů, trolejového vedení a práce na aktivaci zabezpečovacího zařízení – provizorního nebo definitivního. Před ukončením výluky a uvedením do zkušebního provozu se provádí technicko-bezpečnostní zkouška s odevzdáním patřičných dokladů.

4.4 Popis vybrané mechanizace určené pro sanaci pražcového podloží se snesením kolejového roštu

Kolejový jeřáb EDK 300

nosnost: při vyložení ramene min. 5,5m-60t; 6m-52t; 6,5m-47t; 7m-42t; 8m-33t; 8,3m-30t; 9m-27t; 10m-23t; 11m-21t; 12m-18t; 13m-16t; max. 14m-14t - nutno demontovat trolejové vedení

Kolejový jeřáb EDK 300/5

nosnost: vyložení ramene min. 6,5m-50t; 7m-46t; 8m-37t; 9m-31t; 10m-26t; 11m-22t; 12m-18,5t; 13m-16,5t; 14m-14,5t; 15m-13t; 16m-11,5t; 17m-10,5t; max. 18m-10t - může pracovat pod trolej

Kolejový jeřáb EDK 750

nosnost: max 125 t

hmotnost: max. 120 t

max. vyložení: 14 000 mm – může pracovat pod trolej

Pokladač kolejových polí PKP 25/20

nosnost: do 20 t

hmotnost: 60,99 t

praktický výkon při kladení/ snášení kol. polí: cca 100 m/h

může pracovat pod trolejí

Kolejový jeřáb UK 25/18

nosnost: do 18 t

hmotnost: 102 t

praktický pracovní výkon při kladení/snášení kol. polí: cca 100 m/h

může pracovat pod trolejí

5 Metody sanace koleje bez snášení kolejového roštu

Jak již z názvu kapitoly vyplývá, rekonstrukce nebo modernizace pražcového podloží probíhá za neustálé přítomnosti kolejového roštu – stávajícího nebo nového. Zdá se to až neuvěřitelné, ale je to skutečné možné. Ze zcela zřejmých důvodů se tato technologie navrhuje a realizuje výlučně na traťových kolejích a to z nejrůznějších důvodů. Při návrhu metody bez snášení kolejového roštu bych rád upozornil na nutnost kvalitně provedeného geotechnického průzkumu, který pak může ovlivnit samotný návrh typu metody sanace nebo modernizace.

5.1 Přípravné práce

Přípravné práce jsou v podstatě shodné s metodou se snášením kolejového roštu (viz odst. 4.1). V tomto případě se musíme soustředit na skládkové plochy v blízkosti kolejiště. To znamená přímo vedle rekonstruované koleje, nejlépe na začátku nebo na konci uvažovaného úseku. Jedná se o skládky určené pro vytěženou zeminu, dále pak skládky v nejbližších stanicích: např. pro nový (recyklovaný) materiál konstrukčních vrstev nebo štěrkového lože. Je vhodné využít vlečkové koleje nebo odstavné koleje ve stanici s dostatečným prostorem na uložení materiálu.

5.2 Nultá etapa výstavby

Tato etapa výstavby, za použití metody bez snášení kolejového roštu, je velmi důležitá pro práce souvisejícím se železničním spodkem. Nultá etapa je shodná s metodou se snášením kolejového roštu (viz odst. 4.2.), plus další důležitá upřesnění.

- Před samotným započítím hlavní výluky je nutno provést odtěžení stávající zeminy podél koleje cca 2,5 m od osy koleje na vnější stranu a na předpokládanou výšku budoucí zemní pláně.
- Provést vyčištění stávajícího šterkového lože od organických materiálů, např. rostlé trávy. Nevyčištění má za následek ucpávání sít na třídíči sanačního stroje.
- Zřízení odvodnění (otevřených příkopů a trativodů), J-žlabů atd. podél tratě a v přejezdech dle PD.
- Zřízení skládek pro výkopek a pro nový materiál do konstrukčních vrstev a přístupových cest k nim.
- Návoz nového materiálu pro konstrukční vrstvy nebo šterkového lože na připravené skládky (může se jednat i o několik desetitisíc tun materiálu).
- Zrušení bezстыkové koleje v rekonstruované i provozované koleji.
- Příprava dostatečného počtu speciálně upravených spojek pro případ prasklé kolejnice.



Obr. č. 2 Kolej vlevo před zahájením výluky metodou bez snášení kolejového roštu, vpravo již zrealizovaná kolej touto metodou provizorním stavu

5.3 Hlavní etapa výstavby

Hlavní etapa se zcela odlišuje od metody se snášením kolejového roštu. Z hlediska potřeby výlukových časů ji můžeme rozdělit do dvou částí. V případě prvním se může jednat o výluky pro snesení kolejového roštu a šterkového lože nad všemi umělými stavbami. To znamená, že se nejdříve zrealizují umělé objekty (mosty, propustky), pak se stávající šterkové lože a kolejový rošt položí zpět a provizorně propojí. V případě druhém se jedná o samotnou sanaci nebo modernizaci pražcového podloží. V tomto stadiu se vytvoří startovací jáma na začátku sanovaného úseku. Sanační mechanizace se vloží do startovací jámy a zahájí se samotný proces sanace. Na začátku úseku je nutno brát v úvahu manipulační prostor, kterým bude sanační stroj včetně vagónů zasahovat mimo výluky koleje, nejčastěji do staničního zhlaví. V prvním a posledním dni nasazení metody bez snášení kolejového roštu je doporučeno objednat výluky koleje do zmíněného prostoru a v závislosti na místních podmínkách i výluky trolejového napětí. Proveďte se natažení nivelačního lanka pro směrovou a výškovou polohu koleje. V této fázi probíhá (v závislosti na použitém typu mechanizace) nadzvednutí stávajícího nebo nového kolejového roštu, odtěžení stávajícího šterkového lože cca 300 mm pod ložnou plochou pražců, odtěžení výkopku do hloubky dle projektové dokumentace, rozdrčení stávajícího šterkového lože a následné použití do konstrukční vrstvy. Vytěžená zemina je naložena před sanační stroj na vagóny pomocí pásových dopravníků a následně vysypána na předem určenou skládku na konci sanovaného úseku nebo ve stanici. Přísun nového materiálu do konstrukčních vrstev je zásobován ze zadu ve vagónech a pomocí pásových dopravníků rozprostřen na zemní pláň. Na zemní pláni se provádí hutnění a zpravidla je umožněno vkládání geotextilií a výztužných geosyntetik. Taktéž konstrukční vrstva je kontinuálně hutněna za dodržení optimální vlhkosti. Pozornost je třeba věnovat rozvozu použitých geotextilií a výztužných geosyntetik dostatečným předstihu. Pro tuto metodu nasazení je taktéž nutno brát v úvahu přechody sanačního stroje přes umělé objekty. Na kontinuální projetí umělých objektů musí být zajištěna dostatečná tloušťka šterkového lože (dle konkrétního sanačního stroje). Pokud by tomu tak nebylo, je nutností sanační stroj zastavit a vyzvednout před umělým objektem a znovu vložit za ním, což představuje zpomalení i několik hodin. Použití metody bez snášení kolejových polí je kontinuální proces, probíhající nonstop (23 hodin práce, 1 hodina technologická

přestávka pro výměnu osádky). Týká se to všech přidružených prací, jako jsou zabezpečení provozu pracovních lokomotiv, zabezpečení nakládky a vykládky materiálu s následným odvozem nákladními automobily, čištění místních komunikací, potřebná pracovní síla zajišťující řízení a obsluhu jednotky a bezpečnostní hlídky k zabezpečení kontinuálního provozu celé sanace. Musíme si uvědomit, že při selhání (zpomalení) práce některého z článků výroby může dojít k zastavení práce celého systému. Zpomalení nebo úplné zastavení nastává často zejména z důvodu zásoby nového materiálu, odvozu a vykládky zeminy nebo třeba z důvodu prasklé kolejnice na sanované koleji. Je to náročný proces na koordinaci prací a samotné fyzické nasazení sanačního stroje je finální produkt. Všechny jednotlivé operace musí být naplánovány do nejmenších detailů (dostatečné množství materiálu na skládce, dostatečné množství techniky zajišťující odvoz vytěženého materiálu, zajištění tankování paliva do sanačního stroje a vagónu atd.).

Po zrealizované sanaci železničního spodku, následuje zašterkování kolejového roštu a nadzvednutí pomocí automatické strojní podbíječky. Následují dvě možnosti jak vyměnit stávající kolejový rošt:

- a) stávající kolejový rošt snést pomocí kolejového jeřábu (např. UK 25, nebo PKP), upravit rovinatost šterkového lože a následně položit nový kolejový rošt pomocí kolejového jeřábu.
- b) stávající kolejový rošt plynule vyměnit např. pomocí stroje SUM CS 1000, který je přímo určen pro výměnu pražců a dlouhých kolejových pásů.

Oba způsoby jsou použitelné, i když z logiky použité metody bez snášení kolejového roštu by bylo vhodné použití varianty b, protože je určitě časově rychlejší.

Po dalším zašterkování koleje je provedena směrová a výšková úprava koleje, zřízená bezстыková kolej a realizovány další dokončovací práce obdobné jako při metodě se snášením kolejového roštu.



Obr. č. 3 Znáznorněno natažení nivelačního lanka (vlevo je provozována kolej)

5.4 Popis vybrané mechanizace určené pro sanaci pražcového podloží bez snášení kolejového roštu

Rozdělení podle ČVÚT FSv v Praze, katedry železničních staveb, přednášky ZST1 [2]:

PM 200

Technologie

- odtěžení štěrkového lože a konstrukčních vrstev železničního spodku
- úprava příčného sklonu a hutnění pláň
- pokládání geosyntetik
- zřizování nových konstrukčních vrstev + hutnění
- zřízení kolejového lože
- směrová, výšková úprava koleje + podbití

Technická data

- | | |
|---|-----------|
| ▪ délka (bez souprav obsluh. vozů) | 84 000 mm |
| ▪ hmotnost stroje | 300 t |
| ▪ šířka záběru | 6 m |
| ▪ hloubka záběru pod niveletou koleje
>> (horní povrch pražce) | 1 m |
| ▪ výkon soupravy | 40 bm/h |

AHM 800 R

Technologie

- těžení štěrkového lože
- třídění + drcení štěrku
- těžení konstrukčních vrstev železničního spodku – zřízení pláně
- pokládání geosyntetik
- míchání recyklovaného štěrku s novým materiálem a vodou
- zřizování nových konstrukčních vrstev z recyklovaného štěrku + hutnění

Technická data

▪ délka přes nárazníky (bez souprav obsluž. vozů)	105 640 mm
▪ šířka stroje	3 109 mm
▪ výška stroje nad TK.	4 800 mm
▪ hmotnost stroje	377 t
▪ počet podvozků	8
▪ výkon motorů	1 572 kW
▪ nejvyšší povolená rychlost:	vlastní pojezdem 20 km/h ve vlaku 100 km/h
▪ boční posun koleje max.	500 mm
▪ vyosení řetězu od osy koleje max.	200 mm
▪ šířka záběru max.:	v kolejovém loži 4 000 mm >>> v zemním tělese 4 100 – 6 000 mm
▪ hloubka záběru pod niveletou koleje	1 200 mm
▪ nejmenší poloměr koleje pro práci stroje	230 m
▪ největší průměr role geosyntetika	1 100 mm
▪ nejmenší tloušťka podkladní vrstvy	200 mm
▪ největší tloušťka podkladní vrstvy	550 mm

RPM 2002

Technologie

- těžení šterku
- těžení stávajících konstrukčních vrstev
- kladení geosyntetik
- zřízení nové konstrukční vrstvy

- doplnění šterku
- podbíječka, úprava GPK pro rychlost 70 km/h
- hvězdicové síto WIEBE, drtič, druhé síto

Technická data

- | | |
|---|------------------|
| ▪ délka přes nárazníky (bez souprav obsluž. vozů) | 145 600 mm |
| ▪ hmotnost stroje | 560 t |
| ▪ výkon motorů | 2 100 kW |
| ▪ nejvyšší povolená rychlost: | |
| vlastním pojezdem | 20 km/h |
| ve vlaku | 100 km/h |
| ▪ nejmenší poloměr koleje pro práci stroje | 280 m |
| ▪ max. převýšení | 160 mm |
| ▪ šířka výkopu zemní pláně | 4 050 – 6 000 mm |
| ▪ celková max. hloubka výkopu | 1 200 mm |
| ▪ zřizovaná tloušťka konstrukční vrstvy | 500 mm |
| ▪ zřizovaná tloušťka šterkového lože | 300 mm |
| ▪ výkon | 110 bm/h |

KSEM

Technologie

- sanační čistička odtěží šterkové lože
- sanační čistička odtěží konstrukční vrstvy a zřídí pláň
- stroj KSEM rozvine geosyntetikum, rozprostře a zhutní konstrukční vrstvu
- vozy SaS nebo Chopper provedou předšterkování
- stroj KSEM rozprostře a zhutní předšterkování pod kolejovým roštem

Technická data

- | | |
|---|------------------|
| ▪ délka (bez souprav obsluh. vozů) | 69 000 mm |
| ▪ hmotnost stroje | 120 t |
| ▪ šířka záběru při rozprostírání | 3 600 – 6 000 mm |
| ▪ výkon při kladení konstrukční vrstvy (dle tloušťky) | do 120 bm/h |
| ▪ zřizování šterkového lože | do 300 m/h |
| ▪ minimální poloměr | 300 m |
| ▪ max. podélný sklon trati | 20 ‰ |
| ▪ max. převýšení (při zřizování šterkového lože) | do 80 mm |

Sanační čistička SČ 601 S*Technologie*

- sanační čistička odtěží starý štěrk včetně podloží zeminy do hloubky max. 650 mm pod spodní plochu pražce
- výkopek je přesíván na sítích a ze zásobníkových vozů se okamžitě sype do podloží na zemní pláš sypanina
- lze vložit separační nebo výztužné geosyntetikum
- příloženými vibrátory se povrch sypaniny hutní a okamžitě se dosypává vyčištěný starý štěrk

Technická data

- | | | |
|--|--------------------|-----------------------|
| ▪ délka přes nárazníky | | 24 900 mm |
| ▪ šířka | | 3 120 mm |
| ▪ výška stroje nad TK | | 4 600 mm |
| ▪ hmotnost | | 78 t |
| ▪ minimální poloměr oblouku | | 150 m |
| ▪ počet podvozků | | 2 + 2 |
| ▪ nejvyšší povolená rychlost: | vlastní | 80 km/h |
| | ve vlaku | 100 km/h |
| ▪ max. zdvih koleje | | 200 mm |
| ▪ max. boční posun koleje | | 315 mm |
| ▪ čistící režim: | při čištění štěrku | 650 m ³ /h |
| | při plném těžení | 650 m ³ /h |
| ▪ sanační režim | | |
| ▪ hloubka záběru pod spodní plochou pražce | | 650 mm |
| ▪ šířka záběru: | min. | 3 850 mm |
| | max. | 5 000 mm |
| ▪ max. průměr role geosyntetika | | 400 mm |
| ▪ šířka geosyntetika | | 4 000 mm |
| ▪ max. tloušťka konstrukční vrstvy | | 200 mm |
| ▪ šířka konstrukční vrstvy | | 4 000 mm |
| ▪ možnost rozšíření záběru příhrn. pluhy | | 2 x 350 mm |

Strojní čistička univerzální SČU 800/RU*Technologie*

- čistí štěrkové lože
- zřizuje zpevňující štěrkopískové vrstvy
- zřizuje štěrkové lože z vyčištěného nebo nového štěrku
- odtěží štěrkové lože v celém profilu a kolejový rošt položí na rovinu řezu
- souprava sestává z částí:
 - >> PA 800 – pojízdný agregát
 - >> TS 800 – těžící sekce
 - >> CS 800 – čistící sekce
 - >> při práci může souprava spolupracovat se soupravou pro odvoz odpadu

Technická data

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| ▪ délka soupravy | 60 240 mm |
| ▪ šířka v přepravní poloze | 3 130 mm |
| ▪ výška v přepravní poloze | 4 650 mm |
| ▪ hmotnost soupravy | 90 t |
| ▪ výkon motoru | 800 kW |
| ▪ nejvyšší povolená rychlost: | vlastní 80 km/h |
| | ve vlaku 100 km/h |
| ▪ pracovní rychlost | 50 – 600 bm/h |
| ▪ výkon při čištění max. | 800 m ³ /h |
| ▪ výkon při zvyšování únosnosti max. | 600 m ³ /h |
| ▪ výkon při plném těžení max. | 600 m ³ /h |

[ČVÚT FSv v Praze, katedry železničních staveb, přednášky ZST1]

6 Porovnání metody se snášením a bez snášení kolejového roštu – výhody, nevýhody a další rozdíly

Každá z obou metod má svoje výhody a nevýhody. Nasazení jedné nebo druhé metody závisí na konkrétních podmínkách. Níže jsou popsány a porovnány nejdůležitější výhody, nevýhody a další rozdíly jednotlivých metod:

- a) z hlediska technického
- b) z hlediska ekonomického
- c) z hlediska náročnosti na požadovaný čas výluky provozu

6.1 Porovnání z hlediska technického

Se snášením kolejového roštu

Výhody

- nejvyužívanější metoda, dá se použít již na velmi krátkých úsecích
- práce je prováděná běžnou mechanizací v dostatečném množství
- dodavatele mají zkušenosti s realizací touto technologií
- možný přístup po neodtěženém štěrkovém loži k umělým stavbám
- možnost využití různých typů zlepšení zemní pláně (stabilizace, štěrkové piloty, živičné úpravy, nahrazení zeminy), a to i lokálně

Nevýhody

- v případě neúnosného podloží omezen pojezd nákladních automobilů
- zřizování většího množství přístupových cest a jejich následná úprava
- v případě nepříznivých klimatických podmínek, hrozí znehodnocení zemní pláně a zastavení prací – delší doba odkrytí zemní pláně
- při zřizování konstrukční vrstvy a štěrkového lože pomocí výsypných vagónů
Ua z vedlejší koleje nutno požadovat krátkodobé výluky sousední provozované koleje
- není dosaženo optimální vlhkosti konstrukční zemní pláně a optimálního hutnění

Bez snášení kolejového roštu

Výhody

- zemní pláň není znehodnocena pojezdem nákladních automobilů
- nasazení je vhodné zejména na nepřístupných místech (vysoké náspy, zářezy, chráněné krajinné oblasti)
- menší množství potřebných přístupových cest a záborů pozemků
- není omezen provoz na sousední koleji
- provádění v podmínkách vysoké hladiny podzemní vody
- realizace sanace je možná i za nepříznivých podmínek
- zemní pláň je odkryta pouze nezbytně nutnou dobu
- poměrně rychlá sanace železničního spodku
- dosažena optimální vlhkost konstrukční vrstvy a následné hutnění
- za určitých podmínek, lze provádět i v jednodenních výlukách a na noc zprovoznit (za použití RPM 2002, směrová a výšková úprava 70 km/h)

Nevýhody

- nasazení je ekonomicky vhodné na delších úsecích
- není možno realizovat zlepšení únosnosti zemní pláně stabilizací nebo použití šterkových pilot a není možno provádět ani lokální opravy zemní pláně (např. stabilizací) při zjištění stavu zemní pláně „pod strojem“
- možnost realizovat kabelové podchody pouze protlakem
- nutnost vyčištění stávajícího šterkového lože od organických materiálů před zahájením samotné sanace
- výkonná mechanizace je dostupná hlavně ze zahraničí – omezená časová dostupnost a vysoké finanční náklady
- zvýšená hluchost (zejména při práci v intravilánu), práce probíhají 24 hodin
- zajištění skládky na nový materiál do konstrukčních vrstev a zajištění nakládky u koleje
- nutnost použití dynamického stabilizátoru dle TKP ČD
- realizace odvodnění a odtěžení materiálu podél koleje je nutno provádět v nulté etapě a požadovat výluky provozu
- při použití mechanizace ze zahraničí může dělat problémy jazyková bariéra



Obr. č. 4 Provádí nejdříve strojní čištění štěrkového lože soupravou RM 80 v koleji před samotným nasazením sanačním strojem AHM 800 R (zvýší se výnosnost recyklovaného štěrku a zvýší se denní výkon sanace)



Obr. č. 5 Realizace směrové a výškové úpravy koleje po strojním čištění štěrkového lože – v této fázi je kolej připravena k modernizaci pražcového podloží metodou bez snášení kolejového roštu

6.2 Porovnání z hlediska ekonomického

Se snášením kolejového roštu

- ekonomicky výhodnější varianta zejména při kratších úsecích
- nákladnější z hlediska zřízení a demontáži dočasných příjezdových komunikací

Bez snášení kolejového roštu

- varianta finančně rentabilní při úsecích délky nad pět kilometrů
- nejsou nutné dodatečné náklady na zřizování dočasných komunikací

6.3 Porovnání z hlediska náročnosti na požadovaný čas výluky provozu

Se snášením kolejového roštu

- při této metodě se obecně jeví potřeba delších výlukových časů než při metodě bez snášení kolejového roštu

Bez snášení kolejového roštu

- metoda bez snášení kolejového roštu se prezentuje potřebou kratších výlukových časů. Samotná realizace modernizace železničního spodku je opravdu velmi rychlá (cca 500 – 1200 bm/den), ale realizace kompletní koleje může být srovnatelná s délkou časů jako u metody se snášením kolejového roštu. Dodavatelé modernizace bez snášení kolejového roštu neudávají časy potřebné k realizaci odvodnění, odtěžení zeminy na zemní pláň podél rekonstruované koleje, rekonstrukci umělých objektů (mostů, propustků), rušení a obnovování provizorních výhyben atd. Z toho vyplývá důrazné zvážení priorit volby jedné nebo druhé metody

7 Popis konkrétního úseku tratě

V následující části bude popsána konkrétní sanace železničního spodku tratě, která již byla zrealizována, vzájemně porovnány metody se snášením kolejového roštu, bez snášení kolejového roštu a metoda kombinovaná.

7.1 ČD DDC Modernizace úseku tratě Studénka-Ostrava

SO 81 – 16 – 01 Výhybna Košatka – Jistebník, sanace železničního spodku

Popis z Technické zprávy [3]:

Základní údaje

Úvod

Stavba ČD DDC, Modernizace úseku tratě Studénka (mimo) – Ostrava (včetně) je liniovou stavbou, v pořadí osmou stavbou investiční akce Českých drah „Modernizace II. tranzitního koridoru“. Ve směru kilometráže jí předchází stavba „Modernizace úseku tratě Hranice na Moravě – Studénka“ a návaznou stavbou je stavba „ČD DDC, Optimalizace traťového úseku Ostrava – Petrovice u Karviné“.

V rámci modernizace trati mezi žst. Studénka (mimo) a žst. Ostrava (včetně) je nutno provést celkové zmodernizování mezistaničního úseku mezi stanicemi Studénka a Jistebník. Jedná se o komplexní modernizaci železničního svršku obou traťových kolejí pro rychlost do 140 km/h (v přímých úsecích do 160 km/h) při použití klasických vlakových souprav a do 160 km/h pro jednotky s naklápečími skříněmi.

Investorem stavby byli ČD DDC, Stavební správa Olomouc, Ústředním orgánem investora bylo ministerstvo dopravy a spojů ČR. Zpracovatelem projektové dokumentace byl SUDOP Praha a.s. a MCO a.s.

Rozsah celé stavby byl určen rozdělením jednotlivých modernizačních staveb II. tranzitního koridoru. Počátek stavby v km 246,000 v konci žst. Studénka, konec stavby v km 269,417 v žst. Ostrava hl.n.. Jedná se o nové staničení trati. Celková délka stavbou modernizovaného úseku činila 23,417 km. Stavba byla navržena v souladu s probíhající modernizací II. tranzitního koridoru a je zároveň součástí mezinárodní železniční magistraly E 65.

Rozsah tohoto SO byl určen koncem předchozí modernizační stavby na jedné straně (jedná se o navazující stavbu modernizace tj. „ČD DDC, Modernizace úseku tratě Hranice na Moravě – Studénka“) a umístěním výměnového styku první staniční výhybky na zhlaví žst. Jistebník, tj. od km 246,000 do km 252,064 823 (jedná se o nové staničení trati) – délka činí 6064,823 m. Předěl stavebních objektů byl shodný pro obě traťové koleje a zároveň platí ve stejném rozsahu pro objekty žel. svršku i železničního spodku.

Modernizace znamenala, provedení souboru stavebních a technologických opatření a činností, jejichž výsledkem bylo zvýšení výkonnosti a životnosti tratě.

Rozhodujícím přínosem modernizace je dosažení přechodnosti kolejových vozidel traťové třídy D4 UIC, zavedení prostorové průchodnosti pro ložnou míru UIC-GC a zvýšení maximální traťové rychlosti.

Výsledkem modernizace bylo zkrácení cestovní doby, zvýšení pohodlí a bezpečnosti cestujících, zajištění spolehlivosti vlakové cesty apod. Mimo modernizace vlastní kolejové dráhy, tj. rekonstrukce železničního svršku a spodku, došlo k modernizaci i zabezpečovacího zařízení, včetně trakce. V návaznosti na komplex modernizačních činností souvisejících s úpravou hlavních kolejí, se zlepšily i parametry dalších zařízení, s nimiž přicházeli do styku zákazníci ČD.

Požadavky na projekt z hlediska žel. spodku

Projektant měl, v rámci zpracování projektové dokumentace staveb železničního spodku zajistit mimo jiné následující:

- Dosažení vyšších parametrů z hlediska přechodnosti a prostorové průchodnosti, tj. traťové třídy zatížení D4-UIC a ložné míry UIC GC.
- Sanaci železničního spodku pro zavedení zvýšeného nápravového tlaku 22,5 t tak, aby bylo dosaženo požadovaného modulu přetvoření na pláni železničního spodku $E_p = 50 \text{ MPa}$, respektive na zemní pláni hodnot $E_0 = 30 \text{ MPa}$.

Stávající stav

Popis úseku

Dotčený traťový úsek plně vystihoval charakter celého modernizovaného úseku. Byl vedený v rovinatém území, část drážního tělesa spočívala na náspech, druhá část byla vedena v úrovni terénu. Koleje traťového úseku neměly vně tělesa, žádný speciální odvodňovací systém, v oblastech náspu nebyly vybudovány funkční

příkopy podél paty drážního tělesa, v zářezech nebyly vytvořeny funkční příkopy. Eventuální staré lokální příkopy byly porostlé vegetací. Vzhledem k faktu, že z hlediska podélného profilu byl dotčený úsek trasován pouze v mírných sklonech, nebylo již původně možno vybudovat dlouhé odvodňovací příkopy s odvodněním do vzdálených vodotečí.

Kolejové lože

V rámci inženýrsko-geologického průzkumu bylo posouzeno i znečištění stávajícího kolejového lože. Vzhledem k faktu, že kolejové lože bude prakticky v celém úseku snášeno, jsou závěry, týkající se znečištění stávajícího lože použity ve stavebním objektu železničního svršku. Jednalo se o část zabývající se hospodařením s užitým materiálem, resp. odpady.

Konstrukce pražcového podloží

Sanace železničního spodku

Sanace železničního spodku byla navržena tak, aby respektovala splnění nápravového tlaku dle UIC-D4. Konstrukce železničního spodku byla navržena vzhledem k návrhové rychlosti jízdy s ohledem na požadované únosnosti zemní pláně a pláně tělesa železničního spodku. Zesílená konstrukce železničního spodku byla navržena v místech přechodu tělesa na umělou stavbu a v místech úrovnových železničních přejezdů. Všechny vrstvy konstrukce železničního spodku, byly posouzeny s ohledem na ochranu zemní pláně před nepříznivými účinky mrazu. Při návrhu sanačních opatření byly respektovány požadavky kladené na železniční spodek Novelizovaným předpisem ČD S4 Železniční spodek, TKP (Technické a kvalitativní podmínky staveb ČD) a navazující předpisy.

Základem pro zpracování návrhu konstrukce pražcového podloží byla volba technologie provádění stavebních prací.

Vzhledem k obtížné přístupnosti traťového úseku Studénka – Jistebník a navíc sousedství CHKO Poodří, které mělo přísné požadavky pro realizaci, byly zde navrženy technologie prováděné z kolejí. Pro sanaci železničního spodku to byla technologie bez snesení kolejového roštu. Ostatní práce na železničním spodku byly prováděny dostupnou technologií z osy vyloučené (případně i provozované) koleje.

Pro sanaci konstrukce pražcového podloží se uvažovalo s použitím např. sanačního stroje AHM 800R.

***Poznámka:** Před vložením výhybek v oblasti provizorní výhybny Košatka, se provedlo v potřebné délce odtěžení žel. spodku a zřízení nové konstrukční vrstvy žel. spodku dle projektu (v této oblasti klasickou metodou – tedy se snesením kolejového roštu). Na novozřízenou konstrukční vrstvu žel. spodku, se položilo nové šterkové lože a regenerované výhybky R 65 1:11 – 300.*

Návrh konstrukce pražcového podloží

Návrh konstrukce pražcového podloží byl zpracován na základě výsledků geotechnického průzkumu – v souladu s požadavky drážního předpisu ČD S4. Návrhy byly provedeny jak podle modulu přetvoření, tj. aby i za nejnepříznivějších podmínek nová konstrukce zajistila stálou geometrickou polohu koleje, tak pro ochranu pražcového podloží před nepříznivými účinky mrazu. Celý postup návrhu byl zpracován dle metodiky ČD platné v době zpracování PD a všechny návrhy konstrukcí žel. spodku byly předloženy a schváleny na výrobních poradách.

REKAPITULACE NÁVRHU PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ

Kolej.č.	Kvazih. blok č.	Od km	Do km	Žel. svršek kol. lože tloušťky [mm]	Šterkodrt' 0-32 mm tloušťky [mm]	Výztužné geosyntetikum
1	1	246,000	246,550	350	450	Geosyntetikum 40KN/m**
1	2	246,550	247,200	350	550	Geosyntetikum 40KN/m**
1	3	247,200	248,225	350	450	Geosyntetikum 40KN/m**
1	4	248,225	249,251	350	350	Geosyntetikum 40KN/m**
1	5	249,251	250,250	350	450	Geosyntetikum 40KN/m**
1	6	250,250	251,002	350	200	Geosyntetikum 30KN/m**
1	7	251,002	252,058	350	450	Geosyntetikum 40KN/m**
2	1	246,000	252,058	350	450	Geosyntetikum 40KN/m**

** Pevnost v tahu v podélném směru na šířku 1,0 m.

Tabulka č. 1 Návrh pražcového podloží

Projektant upozornil, že šterkodrt' musí splňovat požadavky, které vycházeli z ČSN 72 15 11 a ČSN 72 15 12.

7.2 Popis přístupových cest k trati a skládkové plochy.

Realizovaný úsek byl z důvodu požadavku ČD rozdělen na úsek žst. Studénka – provizorní výhybna Košatka – žst. Jistebník. V této práci se věnuji úseku výhybna Košatka, km 248,400 - žst. Jistebník km 252,064. Délka sanace 3,664 km. Obsahuje 3 úroňové křížení s obslužnou komunikací v km 248,945, km 249,252 a v km 251,290. Podél paty koleje č. 1 se nachází CHKO Poodří. Skládka pro uložení odtěženého materiálu byla v žst. Studénka (nevyhovovala svou velikostí) a v km 248,500 – 248,700 po obou stranách sanovaných kolejí. Další skládka pro dovoz nového materiálu byla v žst. Jistebník, u kol.č. 6. Obě skládky měly velmi malé plošné rozměry, z toho důvodu musel být zajištěn kontinuální odvoz a dovoz materiálu v době sanace železničního spodku (to znamená i v noci).

7.3 Tabulkové porovnání jednotlivých druhů sanace železničního spodku tratě Výhybna Košatka – žst. Jistebník.

Porovnání pomocí tabulky s výslednou známkou. Hodnocení je od 1-5 (1 = nejlepší, 5 = nejnejpříznivější výsledek). Celkové vyhodnocení je provedeno aritmetickým průměrem.

	popis úkonu práce	sanace žel. spodku bez snášení kolejového roštu	sanace žel. spodku se snášením kolejového roštu	sanace žel. spodku metodou kombinovanou
	přípravné práce			
1.	příprava staveniště, BOZP	1	1	1
2.	zřízení přístupových cest a následná úprava	2	5	3
3.	odstranění travin, křovin a nevhodných materiálů	3	3	3

	popis úkonu práce	sanace žel. spodku bez snášení kolejového roštu	sanace žel. spodku se snášením kolejového roštu	sanace žel. spodku metodou kombinovanou
	nultá etapa výstavby			
4.	odvodnění staveniště	2	3	2
5.	dočasné přejezdy, přechody, lávky, provizorní mosty, ochranné konstrukce	3	3	3
6.	zrušení BK v rekonstruované koleji	4	1	3
7.	odtěžení stáv. zeminy podél koleje cca 2,5 od osy	5	1	3
8.	vyčištění šterkového lože od org. materiálů - rostlé trávy	5	2	3
9.	zřízení odvodnění (otevřených příkopů a trativodů)	5	2	3
10.	zřízení skládek pro výkopek a pro nový materiál do konstrukt. vrstev a přístupových cest knim	5	3	4
11.	návoz nového materiálu pro konstrukční vrstvy nebo šterkového lože na připravené skládky	5	2	2

	popis úkonu práce	sanace žel. spodku bez snášení kolejového roštu	sanace žel. spodku se snášením kolejového roštu	sanace žel. spodku metodou kombinovanou
	hlavní etapa výstavby			
12.	zajištění výluk pro vykládku snesených kol. polí	1	4	4
13.	zajištění výluky staniční koleje při zahájení sanace	4	2	3
14.	zajištění staničních výluk pro vykládku výkopku a nakládku konstr. vrstev	5	1	3
15.	zajištění výluk- "nickolejný provoz" (pro zřízení konstr. vrstvy nebo předšterkování)	1	4	4
16.	nasazení na nepřístupných místech (vysoké zářezy, náspy, chráněné krajinné oblasti)	1	4	1
17.	délka úseku 3,66 km	4	1	2
18.	použití běžné mechanizace	4	1	3
19.	možnost využití zlepšení zemní pláně (např. stabilizací, piloty)	5	1	1
20.	práce i za zhošených klimatických podmínek	1	5	3
21.	ochrana zemní pláně (odkrytí po nezbytně nutnou dobu)	1	5	4
22.	možnost znehodnocení zemní pláně pojezdem nákladních automobilů	1	5	2
23.	provádění sanace v podmínkách vysoké hladiny podzemní vody	1	5	2
24.	vysoká hluchnost (zejména v nočních hodinách)	5	3	4
25.	dosažení optimální vlhkosti konstr. vrstvy	2	4	4
26.	realizace kabelových podchodů	4	2	2
27.	ekonomický aspekt	4	3	2
	součet bodů	84	76	74
	výsledný průměr	3,652	3,304	3,217

Tabulka č.2 Porovnání třech metod sanace pražcového podloží bodovým ohodnocením

Porovnání z hlediska ekonomického vztaženo k délce 1 km.

text	MJ	jednotková cena	množství	celkem [Kč]
Bez snášení kolejového roštu:				
sanace spodku bez snášení kolejového roštu (konstr. vrstva 0,3 m, recyklát 40% do předšterkování 0,2 m) RPM 2002	m	6 448,00	1 000,000	6 448 000,00
náklady na PHM - RPM 2002	l	21,62	3 888,000	84 058,56
konstrukční vrstva včetně dovozu (100% včetně dovozu a úpravy skládky)	m ³	700,00	2 700,000	1 890 000,00
odvoz zeminy (+odpad 60% z žel. svršku, od koleje na skládku)	m ³	300,00	3 900,000	1 170 000,00
dovoz kolejnic (pásky 75m + složení vedle koleje + přeprava - SDK)	den	25 000,00	1,000	25 000,00
kontinuální výměna koleje (např. SUM CS 1000 + vagóny+přeprava) UIC 60, B 91, včetně výměny kolejových pásů	m	357,00	1 000,000	357 000,00
směrová a výšková úprava na rychlost danou projektem	m	260,00	1 000,000	260 000,00
svařování koleje UIC 60 (včetně zřízení BK)	m	280,00	1 000,000	280 000,00
				10 514 058,56

text	MJ	jednotková cena	množství	celkem [Kč]
Se snášením kolejového roštu:				
snesení koleje R65, SB 5	m	300,00	1 000,000	300 000,00
demontáž koleje R65, pražec SB 5 (odvoz do 1 km)	m	578,00	1 000,000	578 000,00
odtěžení šterkového lože + recyklování (využitelnost 40%) klasicky	m ³	400,00	2 000,000	800 000,00
odtěžení zeminy a odvoz na skládku do 15 km (0,3 m) klasicky + 60% z žel. svršku	m ³	423,00	3 900,000	1 649 700,00
zřízení konstrukční vrstvy (60% šterkodrt)	m ³	950,00	1 620,000	1 539 000,00
zřízení konstrukční vrstvy (40% recyklát)	m ³	900,00	1 080,000	972 000,00
zřízení předšterkování 0,2 m (32-63 BI)	m ³	809,00	800,000	647 200,00
položení koleje UIC 60, B 91 (včetně předmontáže)	m	650,00	1 000,000	650 000,00
výměna kolejových pásů - délky 75 m (1 pás)	m	149,00	2 000,000	298 000,00
směrová a výšková úprava na rychlost danou projektem	m	260,00	1 000,000	260 000,00
svařování koleje UIC 60 (včetně zřízení BK)	m	280,00	1 000,000	280 000,00
				7 973 900,00

text	MJ	jednotková cena	množství	celkem [Kč]
Kombinovaná metoda:				
odtěžení štěrkového lože + recyklování (využitelnost 40%) např.SČ 600 (18 sh)	sh	24 600,00	18,000	442 800,00
odtěžení zeminy a odvoz na skládku do 15 km (0,3 m) např.SČ 600	m ³	370,00	2 700,000	999 000,00
odvoz zeminy (odpad 60% z žel. svršku, od koleje na skládku)	m ³	300,00	3 900,000	1 170 000,00
snesení koleje R65, SB 5	m	300,00	1 000,000	300 000,00
demontáž koleje R65, pražec SB 5	m	578,00	1 000,000	578 000,00
zřízení konstrukční vrstvy (60% šterkodrt)	m ³	950,00	1 620,000	1 539 000,00
zřízení konstrukční vrstvy (40% recyklát)	m ³	900,00	1 080,000	972 000,00
zřízení předštěrkování 0,2 m (32-63 BI)	m ³	809,00	800,000	647 200,00
položení koleje UIC 60, B 91 (včetně předmontáže)	m	650,00	1 000,000	650 000,00
výměna kolejových pásů - délky 75 m (1 pás)	m	149,00	2 000,000	298 000,00
směrová a výšková úprava na rychlost danou projektem	m	260,00	1 000,000	260 000,00
svařování koleje UIC 60 (včetně zřízení BK)	m	280,00	1 000,000	280 000,00
				8 136 000,00

Tabulka č. 3 Porovnání třech metod sanace pražcového podloží formou rozpočtu vztaženou k délce 1 kilometru.

Pro ilustraci popisu realizované stavby je použita dokumentace situace a vzorové příčné řezy z projektové dokumentace ČD DDC Modernizace úseku tratě Studénka - Ostrava.

8 Pravděpodobnostní posouzení modulu přetvárnosti na pláni železničního spodku

a) Cíle pravděpodobnostního výpočtu:

Pravděpodobnostní posudek spolehlivosti konstrukční vrstvy (dále jen KV) ze štěrkodrtě, **dle procentuálního podílu únosnosti (použitelnosti)** ve dvou rovinách.

V první se vycházelo z požadovaných teoretických hodnot určených z předpisu ČD S4. Ve druhé rovině byl posuzován konkrétní projekt, který byl již zrealizován a to ČD, DDC Modernizace úseku tratě Studénka – Ostrava, (železniční spodek).

b) Teoretické podklady pro výpočet:

Mezní stav únosnosti KV je proveden jako procentuální požadovaný podíl hodnoty E_{pl} [MPa] na pláni tělesa železničního spodku.

Protože tato bakalářská práce pojednává o pražcovém podloží mezistaničního úseku stávajících tratí (hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích celostátních pro rychlost 120-160 km.h⁻¹) vychází z předpokladů předpisu ČD S4. Požadované hodnoty dle ČD S4, příloha 6 jsou následující:

Tabulka č.4 Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti zemní pláně E_0 a pláně tělesa železničního spodku E_{pl}

Druh tratě	Minimální požadované hodnoty modulu přetvárnosti	
	E_0 [MPa] na zemní pláni	E_{pl} [MPa] na pláni tělesa železničního spodku
Novostavby: - pro rychlost větší než 160 km.h ⁻¹ - pro rychlost do 160 km.h ⁻¹	60 40	100 80
Stávající tratě: a) hlavní traťové a hlavní staniční koleje na tratích - celostátních pro rychlost 120 až 160 km.h ⁻¹ - celostátních koridorových pro rychlost menší než 120 km.h ⁻¹ - celostátních ostatních pro rychlost menší než 120 km.h ⁻¹ - regionální b) předjízděné koleje ve stanicích na tratích - celostátních - regionálních c) ostatní koleje ve stanicích na tratích - celostátních - regionálních	 30* 20* 20* 15* 20* 15* 15* 15* 	 50 50 40 30 40 30 30 20

Vysvětlivka.

*) Je-li zjištěná hodnota modulu přetvárnosti zemní pláně určená dle čl. 8 této přílohy alespoň 60 % minimální požadované únosnosti E_0 , lze ke zvýšení únosnosti konstrukce tělesa železničního spodku navrhnout výztužné geotextilie nebo geomřížky. Na pláni tělesa železničního spodku však musí být dosažena hodnota modulu přetvárnosti E_{pl} dle tab. 1.

Tabulka č.5 Orientační hodnoty modulu přetvárnosti materiálů používaných v konstrukčních vrstvách tělesa železničního spodku

Druh materiálu	Modul přetvárnosti E [MPa]
Konstrukční vrstva: - šterkopísek - výsivky, vysokopecní struska - šterkodrt', výzisk z kolejového lože	40 až 60 50 až 70 60 až 80
Zemní pláň: - jemnozrnné zeminy třídy F1 až F8 - písčité zeminy třídy S1 až S5 - šterkovité zeminy třídy G1 až G5	5 až 20 15 až 40 40 až 120

Tabulka č.6 *Minimální tloušťky konstrukčních vrstev tělesa železničního spodku*

Materiál konstrukční vrstvy	Požadovaný modul přetvárnosti na pláni tělesa železničního spodku E_{pl} v MPa	
	30	40
	Minimální tloušťka konstrukční vrstvy tělesa železničního spodku [m]	
šterkopísek	0,40	0,50
výsivky*) vysokopevní struska*)	0,30	0,40
šterkodrt*) výzisk*)	0,20	0,30

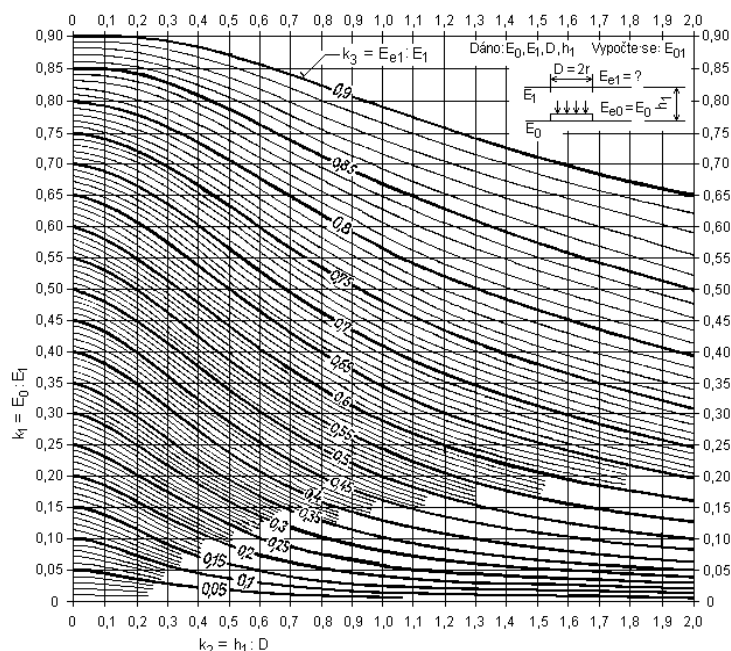
c) Popis funkce spolehlivosti

Funkce spolehlivosti (bezpečnosti) dle mezního stavu únosnosti je vyjádřena:

$$RF = S - R$$

kde „S“ představuje odolnost konstrukční vrstvy vyjádřenou výslednou hodnotou modulu přetvárnosti teoreticky naměřenou na pláni tělesa železničního spodku E_{e1} [MPa]. „R“ představuje minimální předepsanou hodnotu modulu přetvárnosti pláne těles železničního spodku E_{pl} podle tabulky č.1, (v našem případě je to hodnota 50 MPa).

Rovnice vychází z nomogramu pro určení ekvivalentního modulu přetvárnosti ze vztahu $E_{e1}:E_1$ podle ČD S4, příloha 6.

Obr. č. 6 Nomogram pro určení ekvivalentního modulu přetvárnosti E_{e1} podle ČD S4

$$k_1 = \frac{E_0}{E_1}, \quad k_2 = \frac{h_1}{D}, \quad k_3 = \frac{E_{e1}}{E_1} \Rightarrow E_{e1} = k_3 * E_1$$

$$D = 300 \text{ mm}$$

Výpočet koeficientu k_3 :

$$k_3 = \frac{1}{\frac{1}{k_1} - \frac{2}{\pi} * \left(\frac{1}{k_1} - \sqrt[2.5]{k_1} \right) * \operatorname{arctg} \frac{k_2}{\sqrt[2.5]{k_1}}}$$

Sestavení rovnice S:

$$S = k_3 * E_1 \Rightarrow \frac{1}{\frac{1}{k_1} - \frac{2}{\pi} * \left(\frac{1}{k_1} - \sqrt[2.5]{k_1} \right) * \operatorname{arctg} \frac{k_2}{\sqrt[2.5]{k_1}}} * E_1 \text{ [MPa]}$$

Sestavení rovnice R:

$$R = 50 \text{ MPa}$$

Funkce spolehlivosti (bezpečnosti) po doplnění:

$$RF = \left\{ \frac{1}{\frac{1}{k_1} - \frac{2}{\pi} * \left(\frac{1}{k_1} - \sqrt[2.5]{k_1} \right) * \operatorname{arctg} \frac{k_2}{\sqrt[2.5]{k_1}}} * E_1 \right\} - R \Rightarrow$$

po doplnění k_1, k_2 dostáváme finální vzorec:

$$RF = \left\{ \frac{1}{\frac{\frac{1}{E_0}}{\frac{E_0}{E_1}} - \frac{2}{\pi} * \left(\frac{\frac{1}{E_0}}{\frac{E_0}{E_1}} - \sqrt[2.5]{\frac{E_0}{E_1}} \right) * \operatorname{arctg} \frac{\frac{h_1}{D}}{\sqrt[2.5]{\frac{E_0}{E_1}}}} * E_1 \right\} - R$$

d) Pravděpodobnostní výpočet první obecné roviny

Předpokladem je pravděpodobnostní výpočet za předpokladu naměřených hodnot E_0 v rozmezí předpisem požadovaných hodnot cca $30 \div 40$ MPa. Dalším předpokladem je minimální hodnota tloušťky KV 300 mm. Z důvodu tolerance při realizaci KV, která je ± 20 mm jsou hodnoty h_1 v rozmezí $280 \div 320$ mm. Poslední variabilní proměnnou je hodnota E_1 , která je stanovena dle předpisu v rozmezí $60 \div 80$ MPa. Všechny údaje jsou čerpány z předpisu ČD S4. Výpočet byl proveden v programu **ProbCalc 1.1.37.0**

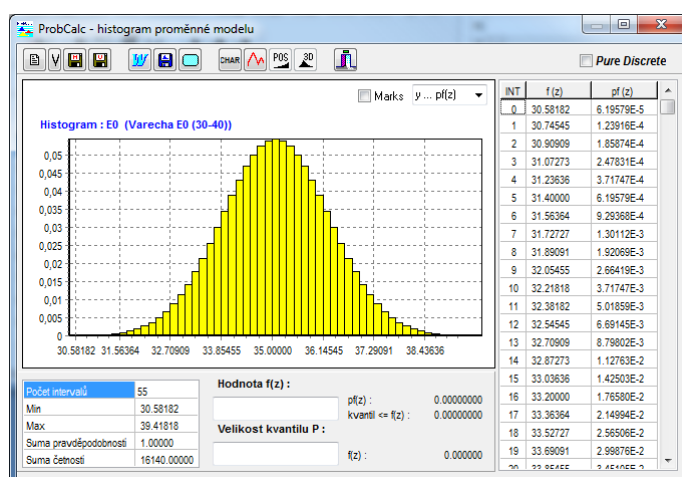
Tabulka variabilních proměnných pro výpočet první varianty

Do výpočtu vstupují celkem 3 variabilní veličiny

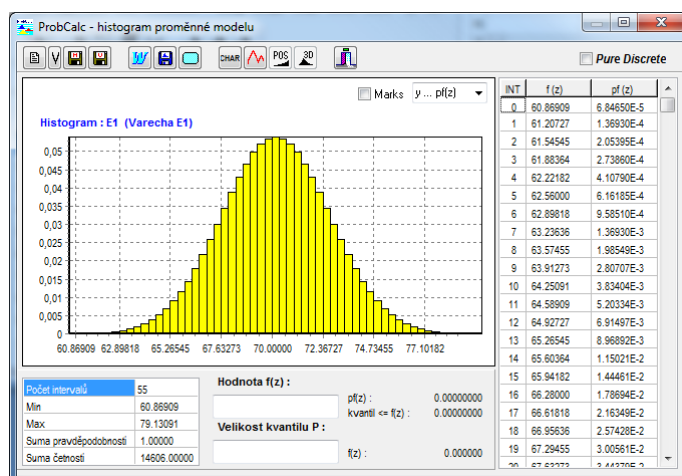
Název proměnné	Typ proměnné	Histogram	Minimum	Maximum	Počet tříd
Modul přetvárnosti zemní pláně E_0 [MPa]	parametrické diskrétní rozdělení	Varecha E0 (30-40).dis	30.58182	39.41818	55
Modul přetvárnosti konstrukční vrstvy E_1 [MPa]	parametrické diskrétní rozdělení	Varecha E1.dis	60.86909	79.13091	55
Tloušťka konstrukční vrstvy h_1 [mm]	parametrické diskrétní rozdělení	Varecha h1.dis	267.83636	358.16364	55

Tabulka č.7 Variabilní proměnné E_0 , E_1 , h_1 v první obecné rovině

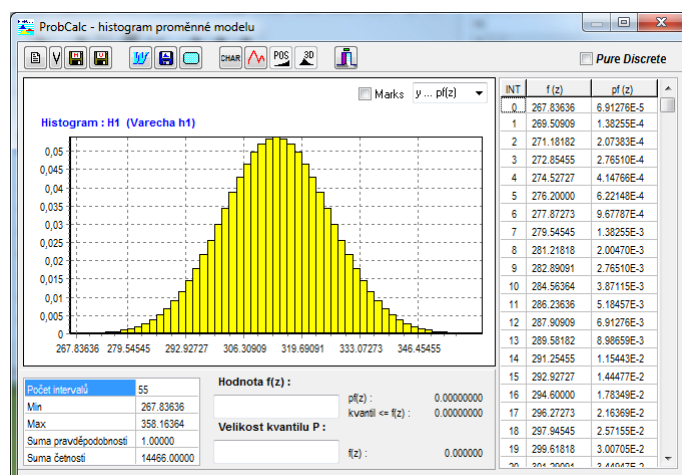
Histogramy variabilních proměnných



Histogram č. 1 Graf histogramu modulu přetvárnosti na zemní pláni E_0



Histogram č. 2 Graf histogramu modulu přetvárnosti konstrukční vrstvy E_1



Histogram č. 3 Graf histogramu tloušťky konstrukční vrstvy h_1

Zápis výpočtu v programu ProbCalc.

Pro výraz R je nadefinovaná hodnota 50, pro D hodnota 300 (2.r, průměr zatěžovací desky v mm)

Pro výpočet výrazu S byl použit zápis pomocí dynamické knihovny:

```
library Varecha;

uses SysUtils,Dialogs,math,Classes;

function Fx ( CisloModelu : integer; P: array of double) : double;

{ - Logické funkce - }
function poz (x:double):integer; begin if (x>0) then poz := 1 else poz := 0 end;
function neg (x:double):integer; begin if (x<0) then neg := 1 else neg := 0 end;
function nul (x:double):integer; begin if (x=0) then nul := 1 else nul := 0 end;

begin
  case CisloModelu of
    { - Model - }
    1: Fx := P[0];
    2: Fx := 1/((1/(P[1]/P[2]))-(2/pi)*((1/(P[1]/P[2]))-
    (power((P[1]/P[2]),1/2.5))*(ArcTan((P[3]/P[4])/power((P[1]/P[2]),1/2.5)))))*P[2];

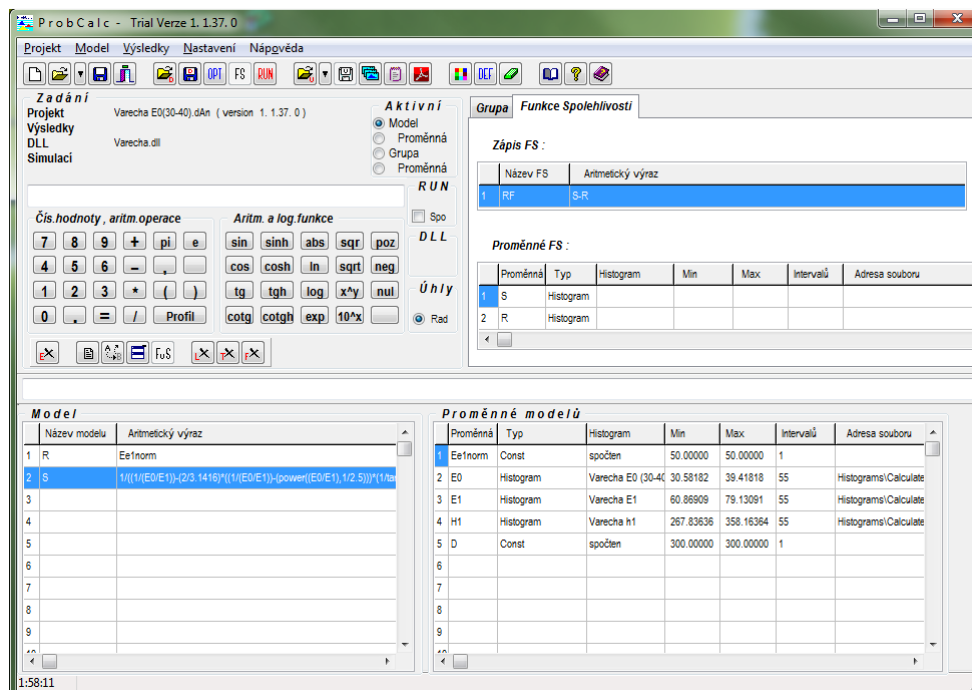
    { - Funkce spolehlivosti - }
    3: Fx := P[12]-P[11];

  end
end;

exports Fx;

begin
end.
```

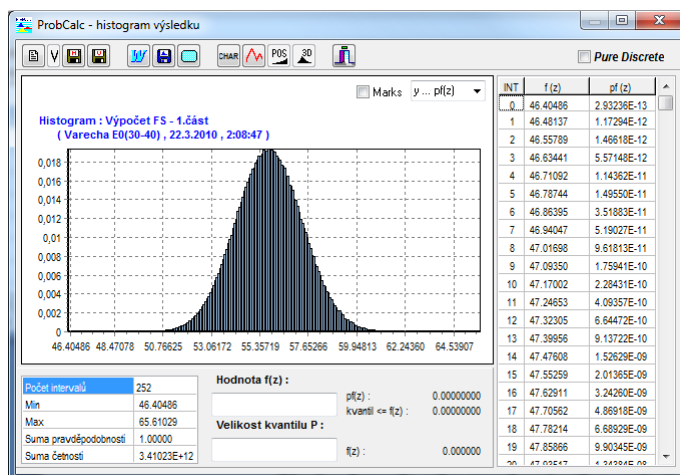
Pracovní plocha programu ProbCalc



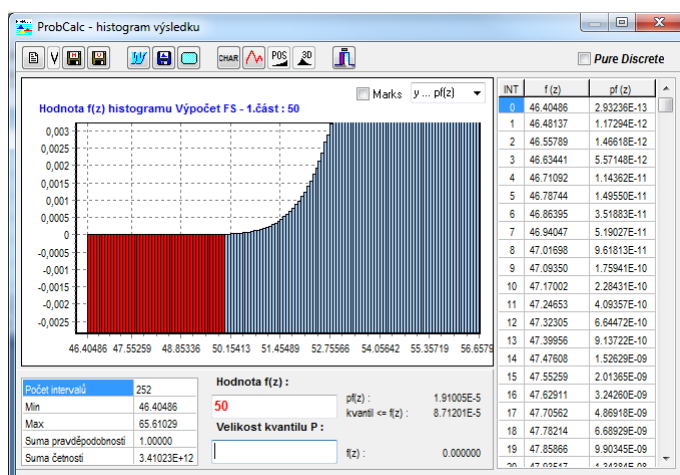
Obr. č. 7 Zobrazená pracovní plocha programu ProbCalc

Dosažené výsledky

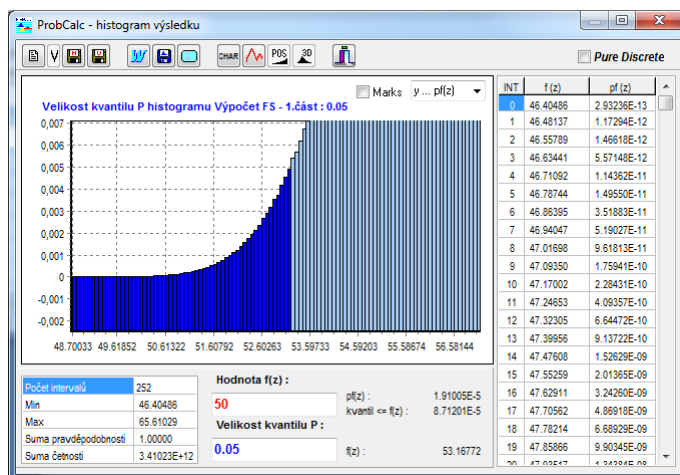
Požadavek ekvivalentního přetvoření E_{e1} je 50 Mpa. Ve výsledku výpočtu v programu **ProbCalc** budu posuzovat podíl hodnot pod tuto hranici a za uspokojivý výsledek budu považovat hranici maximálně 5% kvantilu pod touto hodnotou.



Histogram č. 4 Graf histogramu výsledku rovnice S



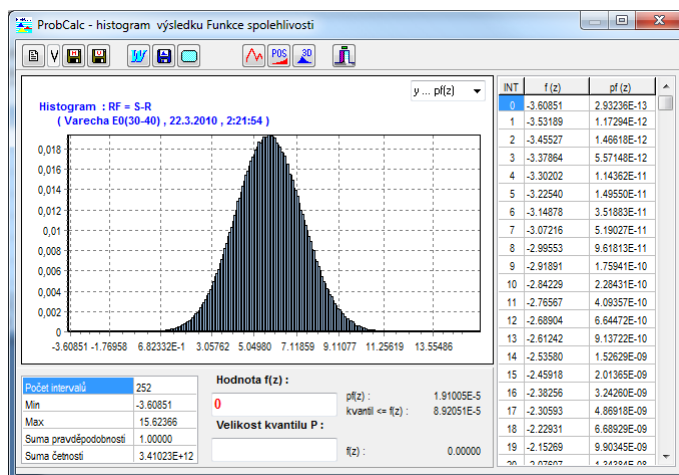
Histogram č. 5 Detail grafu histogramu rovnice S



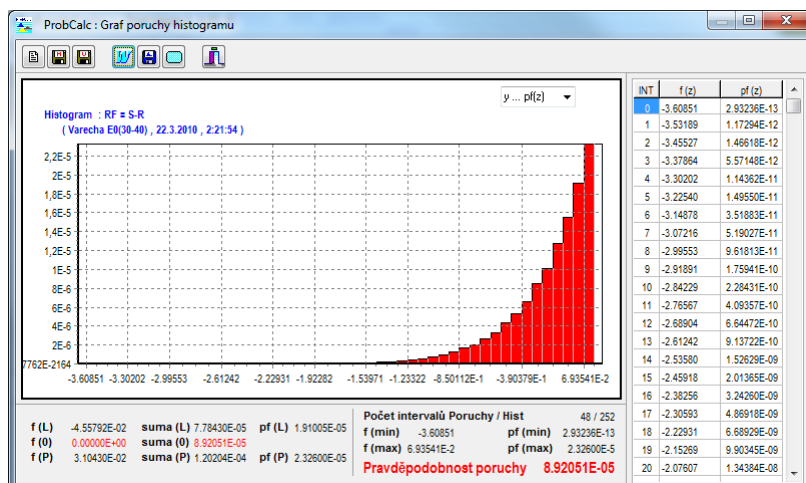
Histogram č. 6 Detail výsledku grafu histogramu S 5% kvantil

Na obrázku nahoře je výsledek rovnice S. To znamená, že požadovaný ekvivalentní modul přetvárnosti byl dosažen. 5% kvantil je na hodnotě 53,168 MPa. 50% kvantil je na hodnotě 55,751 MPa (střední hodnota).

Výsledek funkce spolehlivosti



Histogram č. 7 Graf histogramu pravděpodobnosti poruchy



Histogram č. 8 Detail grafu histogramu pravděpodobnosti poruchy

Výsledkem funkce pravděpodobnosti je vyjádření procentuálního podílu poruchy (v našem případě teoreticky naměřených ekvivalentních hodnot E_{e1} pod 50 MPa), hodnot naměřených na pláni železničního spodku.

Vyhodnocení pravděpodobnostního výpočtu první obecné roviny

Z uvedených výsledků vyplývá, že při vstupních údajích $E_0 = 30 \div 40$ MPa, $E_1 = 60 \div 80$ MPa a tloušťce konstrukční vrstvy $h_1 = 280 \div 320$ mm je pravděpodobnost dosažení modulu přetvárnosti na pláni železničního spodku 0,00821% pod hodnotu požadovaných 50 MPa. Za předpokladu dodržení technologické kázně výroby, bychom se měli pohybovat kolem hodnoty 55 MPa.

e) Pravděpodobnostní výpočet konkrétního úseku trati výhybna Košatka – žst.

Jistebník, kol. č. 2

Pro tuto variantu použijeme konkrétní hodnoty z již realizovaného úseku tratě Jistebník- Košatka km 248,400 ÷ 252,064, který byl prováděn technologií sanace železničního spodku bez snášení kolejového roštu sanačním strojem RPM 2002.

Předpokladem je pravděpodobnostní výpočet naprosto stejný jako u předchozí varianty pouze s rozdílem vstupních hodnot. Variabilní proměnnou E_0 použijeme v rozmezí skutečně naměřených hodnot pro kolej č.2, z kvazihomogenního bloku od km 246,000 ÷ 252,058. Tato hodnota byla naměřena jako $E_{or} = 9$ MPa. Předpokládáme, že opravný součinitel závislý na stupni konzistence zeminy při zatěžovací zkoušce „z“, je rovný 1. To znamená $E_0 = E_{or} \cdot z = 9$ Mpa. Pro výpočet použijeme variabilní proměnnou E_0 v rozmezí od 7 ÷ 11 MPa. Tloušťku KV zvolíme dle návrhu projektové dokumentace a to jako střední hodnotu 480 mm ± 20 mm, $h_1 = 460 \div 500$ mm. Jako poslední variabilní proměnnou je hodnota E_1 teoreticky stanovena projektovou dokumentací na hodnotě 75 MPa. Pro simulaci reálných podmínek budeme uvažovat o hodnotě $E_1 = 70 \div 80$ MPa. Výpočet byl opět proveden v programu ProbCalc 1.1.37.0

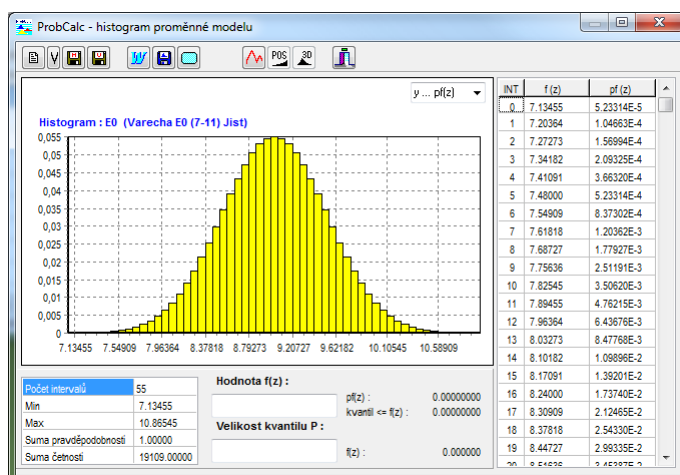
Tabulka variabilních proměnných pro výpočet konkrétního úseku trati výhybna Košatka – žst. Jistebník, kol.č.2

Do výpočtu vstupují celkem 3 variabilní veličiny

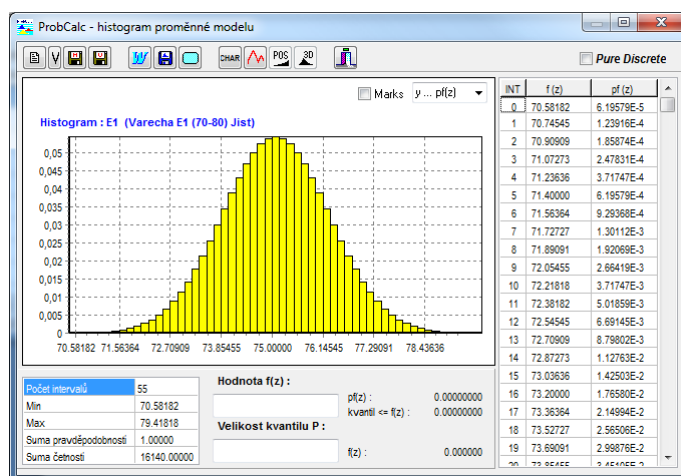
Název proměnné	Typ proměnné	Histogram	Minimum	Maximum	Počet tříd
Modul přetvárnosti zemní pláň E_0 [MPa]	parametrické diskrétní rozdělení	Varecha E0 (7-11) Jist.dis	7.13455	10.86545	55
Modul přetvárnosti konstrukční vrstvy E_1 [MPa]	parametrické diskrétní rozdělení	Varecha E1 (70-80) Jist.dis	70.58182	79.41818	55
Tloušťka konstrukční vrstvy h_1 [mm]	parametrické diskrétní rozdělení	Varecha h1 480.dis	459.87273	500.12727	55

Tabulka č. 8 Variabilní proměnné E_0 , E_1 , h_1 , na úseku tratě výh. Košatka - žst. Jistebník kol.č. 2

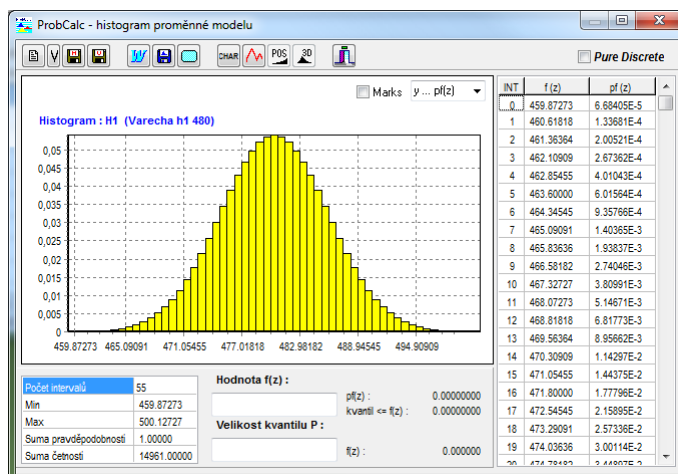
Histogramy variabilních proměnných (výh. Košatka – žst. Jistebník, kol.č. 2)



Histogram č. 9 Graf histogramu modulu přetvárnosti na zemní pláni E_0 , výh. Košatka - žst. Jistebník, kol.č.2



Histogram č.10 Graf histogramu modulu přetvárnosti konstrukční vrstvy E_1 , výh. Košatka - žst. Jistebník, kol.č.2



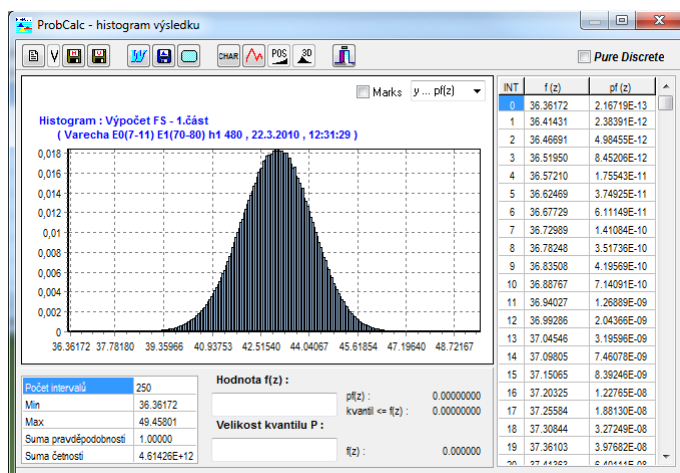
Histogram č. 11 Graf histogramu tloušťky konstrukční vrstvy h_1 , výh. Košatka - žst. Jistebník, kol.č.2

Zápis výpočtu v programu ProbCalc.

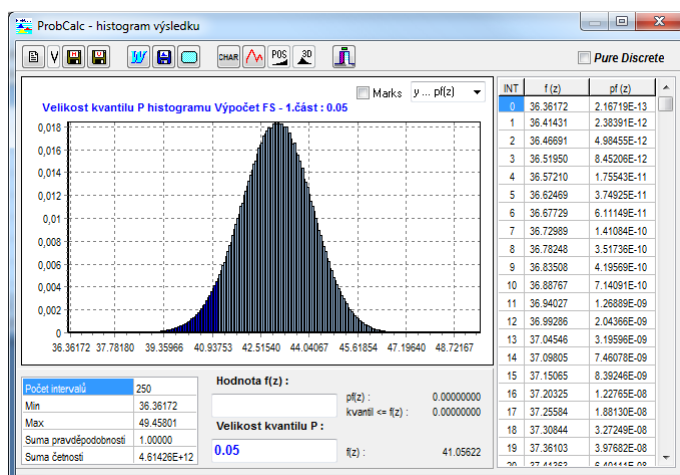
Pro výraz R je nadefinovaná hodnota 50, pro D hodnota 300 (2.r, průměr zatěžovací desky v mm). Zápis do programu proběhne stejně jako u předchozí varianty.

Dosažené výsledky

Požadavek ekvivalentního přetvoření E_{e1} je 50 MPa. Ve výsledku výpočtu v programu ProbCalc budu posuzovat podíl hodnot pod tuto hranici a za uspokojivý výsledek budu považovat hranici maximálně 5% kvantilu pod touto hodnotou. Protože již samotná hodnota E_0 je výrazně nižší než požadovaná předpisem je pravděpodobné, že výsledek bude negativní.



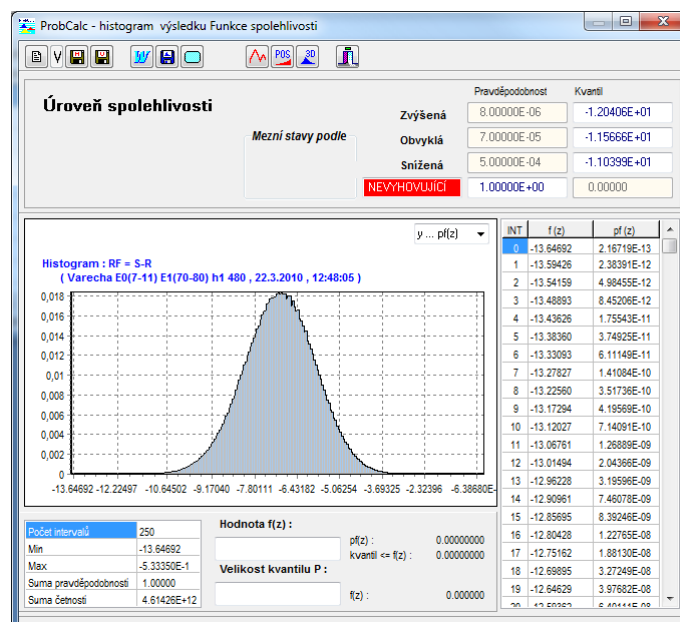
Histogram č. 12 Graf histogramu výsledku rovnice S, výh. Košatka - žst. Jistebník, kol.č.2



Histogram č. 13 Graf histogramu výsledku rovnice S, 5% kvantil 41,056 MPa, výh.Košatka - žst. Jistebník, kol.č.2

Na obrázku nahoře je výsledek rovnice S. To znamená, že požadovaný ekvivalentní modul přetvárnosti **nebyl** dosažen. 5% kvantil je na hodnotě 41,056 MPa. 50% kvantil je na hodnotě 42,984 MPa (střední hodnota).

Výsledek funkce spolehlivosti



Histogram č. 14 Graf histogramu výsledku pravděpodobnosti poruchy, výh.Košatka - žst. Jistebník, kol.č.2

Výsledkem funkce pravděpodobnosti je vyjádření procentuálního podílu poruchy (v našem případě teoreticky naměřených ekvivalentních hodnot E_{e1} pod 50 MPa), hodnot naměřených na pláni železničního spodku.

Vyhodnocení pravděpodobnostního výpočtu ekvivalentního modulu přetvárnosti na konstrukční vrstvě, konkrétního úseku trati výhybna Košatka – žst. Jistebník kol. č. 2

Z uvedených výsledků vyplývá, že při vstupních údajích $E_0 = 7 \div 11$ MPa, $E_1 = 70 \div 80$ MPa a tloušťce konstrukční vrstvy $h_1 = 460 \div 500$ mm byla pravděpodobnost dosažení modulu přetvárnosti na pláni železničního spodku téměř 100% pod hodnotu požadovaných 50 MPa. Za předpokladu dodržení technologické kázně výroby, bychom se mohli pohybovat kolem hodnoty 42 MPa.

Na základě dosažených výsledků, navrhl projektant zesílení konstrukce pražcového podloží pomocí geotextilie Netex S 300 g.m⁻², geomříží Tensar SS 40 a Tensar SS 30. Výsledná skladba pražcového podloží v koleji č. 2 km 246,000÷252,058 byla navrhována následovně:

- štěrkové lože frakce 32-63 BI v min. tl. 0,35m
- štěrkodrt' frakce 0-32 mm v min. tl. 0,18m
- Tensar SS 30
- štěrkodrt' frakce 0-32 mm v min. tl. 0,30m
- Tensar SS 40
- Netex S 300 g.m⁻²

9 Závěr

Únosnost budoucího pražcového podloží závisí z velké části na zvolené technologii realizace. V případě metody se snášením kolejového roštu můžeme uplatnit řešení např. zlepšování zeminy pomocí stabilizace (vápnem, cementem, popř. obojí), zřízením šterkových pilot nebo výměnou zeminy. Výsledný modul přetvárnosti na zemní pláni tak může dosáhnout až 70 Mpa. Nevýhodou je nutnost dodržení technologické kázně při realizaci (omezit pojezd nákladních automobilů atd.) a povětrnostní vlivy. Na druhé straně při použití metody sanace pražcového podloží bez snášení kolejového roštu je zamezen pojezd nákl. automobilů a zemní plán je odkryta pouze na nezbytně nutnou dobu. Bohužel, při lokálních závadách zemní pláně ji nemáme možnost jinak sanovat a musíme spoléhat na zvýšení únosnosti KV pomocí geomříží a geosyntetik pro dosažení požadovaného modulu přetvárnosti E_{c1} na pláni železničního spodku.

Každý jednotlivý sanovaný úsek tratě se musí vyhodnocovat naprosto individuálně. I když se tento úsek v hodnocení známkami projevuje poměrně výhodný realizovat metodou se snášením kolejového roštu, musíme zvážit přítomnost chráněné krajinné oblasti Poodří podél koleje č. 1. To představuje pro investora a zároveň dodavatele velké riziko narušení CHKO, což se nám neprojeví s tak velkou důležitostí na známkování.

Jak již z hodnocení vyplývá, je tu další segment sanace pražcového podloží, kterou by bylo vhodné zvolit – metoda kombinovaná. Tato metoda zahrnuje přípravu staveniště stejnou jako při metodě bez snášení kolejového roštu, následné odtěžení šterkového lože a zeminy (např. strojem SČ 600). Výsyp a odvoz materiálu by proběhl na skládkách podél kol.č. 1 a 2 v km 2487,500 – 248,700. Následně by došlo ke snesení stávajícího kolejového roštu (např. kol. jeřábem UK 20/25) a provedla by se ochrana zemní pláně. Buď dle projektu tj. rozprostření geosyntetika nebo lokální úpravou zlepšení vlastností zemní pláně (stabilizací atd.). Po té by bylo provedeno rozprostření konstrukční vrstvy z materiálu nového nebo recyklovaného pomocí výsypných vagónů Ua z vedlejší provozované koleje v nočních výlukách provozu. Stejným způsobem by bylo provedeno předšterkování koleje šterkem frakce 32-63 BI. Pokládka nového kolejového roštu by se zrealizovala opět např. kolejovým jeřábem UK 20/25.

Moje doporučení je realizovat stavby v CHKO metodou kombinovanou tzn. odtěžení šterkového lože a zeminy metodou bez snášení kolejového roštu sanačním strojem

např. SČ 600, pak provést snesení kolejového roštu kolejovým jeřábem např. UK 20/25 a následně pokračovat klasickým způsobem jako při metodě se snášením kolejového roštu.

Při této metodě můžeme patřičně reagovat na případnou sanaci zemní pláně a zachováme důležité atributy technologie bez snášení kolejového roštu.

10 Použita literatura:

Knihy a skripta

- [1] Bohumil Kubát a kolektiv, ČKAIT, *Železniční stavby a projektování*
- [2] ČVÚT FSv v Praze, katedry železničních staveb, přednášky ZST1
http://people.fsv.cvut.cz/www/k137/4/zst1/zst1_10.pdf (16.12.2009)
- [3] ČD DDC, Modernizace úseku tratě Studénka – Ostrava, SO 81 – 16 – 01
Technická zpráva – železniční spodek

Zákony a předpisy

- [4] ČD S4 Železniční spodek
- [5] ČD S3 Železniční svršek
- [6] Technické kvalitativní podmínky staveb českých drah 2000

Použitý software

- [7] ProbCalc 1.1.37.0

11 Použité obrázky, tabulky a histogramy:

Obrázky

Obrázek č. 1 – zdroj Varecha 2009

Obrázek č. 2 – zdroj Varecha, Modernizace trati Červenka- Moravičany 2007

Obrázek č. 3 – zdroj Varecha, Modernizace trati Červenka- Moravičany 2007

Obrázek č. 4 – zdroj Varecha, Modernizace trati Červenka- Moravičany 2007

Obrázek č. 5 – zdroj Varecha, Modernizace trati Červenka- Moravičany 2007

Obrázek č. 6 – zdroj ČD S4 2009

Obrázek č. 7 – zdroj ProbCalc, pracovní prostředí programu ProbCalc 2010

Tabulky

Tabulka č. 1 – zdroj Technická zpráva, železniční spodek, ČD DDC, Modernizace úseku tratě Studénka – Ostrava, SO 81 – 16 – 01 (2010)

Tabulka č. 2 – zdroj Varecha 2010

Tabulka č. 3 – zdroj Varecha 2010

Tabulka č. 4 – zdroj ČD S4 2009

Tabulka č. 5 – zdroj ČD S4 2009

Tabulka č. 6 – zdroj ČD S4 2009

Tabulka č. 7 – zdroj Varecha 2010

Tabulka č. 8 – zdroj Varecha 2010

Histogramy

Histogram č. 1 – 14 – zdroj Varecha, vytvořeno v programu ProbCalc 2010

Poděkování.

Děkuji vedoucí Ing. Evě Ožanové za pomoc a výběr při zpracování této práce. Děkuji, také Ing. Richardovi Kajnarovi za pomoc při technických záležitostech ohledně realizace sanace pražcového podloží a Ing. Miloši Novákovi za připomínky v ekonomické oblasti projektu a pochopení v zaměstnání při realizaci bakalářské práce. Musím poděkovat Marii-Stefanie Knapitsch za věcné připomínky k úpravě a stylu textu. Moje velké poděkování patří mým rodičům a dále Valerii a Walterovi Knapitsch za podporu a směr, kterým mne navedly ke konečné realizaci tohoto díla.